



Information et pouvoir dans les organisations : un essai de quantification par la théorie des graphes d'influence

Jérôme Gallo

► To cite this version:

Jérôme Gallo. Information et pouvoir dans les organisations : un essai de quantification par la théorie des graphes d'influence. Economies et finances. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2006. Français. NNT : . tel-00174158

HAL Id: tel-00174158

<https://theses.hal.science/tel-00174158>

Submitted on 21 Sep 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE PARIS I – PANTHÉON – SORBONNE

Sciences Économiques – Sciences Humaines – Sciences Juridiques et Politiques

N° D'IDENTIFICATION : 2006PA010025

**INFORMATION ET POUVOIR DANS LES
ORGANISATIONS :**

**Un essai de quantification par la théorie des
graphes d'influence**

THÈSE pour le Doctorat en Sciences Économiques

(arrêté du 30 mars 1992)

présentée et soutenue publiquement par

Jérôme GALLO

le 26 juin 2006

Directeur de recherche : Roland LANTNER

Professeur à l'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne

Jury :

M. François GARDES	Professeur à l'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne
M. Louis DE MESNARD	Professeur à l'Université de Bourgogne
M. Yves THEPAUT	Maître de Conférences à l'Université de Rennes II
M. Abdelilah HAMDOUCH	Maître de Conférences à l'Université de Lille I

A la mémoire de mon père
A Julie, Emmanuelle, maman et Sandrine

L'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne n'entend donner aucune approbation ni improbation aux opinions émises dans les thèses ; ces opinions doivent être considérées comme propres à leurs auteurs.

Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord au Professeur Roland Lantner qui a dirigé cette thèse. Je lui exprime ma plus grande gratitude pour m'avoir suivi, encouragé et surtout soutenu tout au long de ces (longues) années. J'espère que ce travail est à la hauteur de ses attentes et qu'il rend compte de la dette intellectuelle immense que j'ai vis-à-vis de ses recherches, et notamment de l'ouvrage fondateur de 1974.

Mes remerciements vont ensuite à Didier Lebert, doctorant à Paris 1, et Fabrice Lequeux, Maître de Conférences à l'Université de Paris-Sud XI. Les connaissances précises et étendues du premier concernant la théorie des organisations d'une part, la théorie des graphes d'influence d'autre part, ont été précieuses durant les étapes de construction de la thèse. De plus, sa disponibilité totale lorsque j'entamais les calculs du chapitre 5 et lors des phases de relecture m'a permis d'achever le travail dans de bonnes conditions. J'ai également souvent travaillé avec le second tout au long de ces années, avec notamment comme résultat la publication d'un article dans une revue scientifique. Le chapitre 4 de ce travail est largement le fruit des journées passées à décortiquer avec lui les structures d'échanges et les théorèmes de « la théorie de la dominance économique » écrit par notre Directeur de thèse. Je souhaite évidemment pouvoir partager avec eux un certain nombre de développements futurs issus de ce travail.

Toute ma gratitude va également à mon collègue et ami Stephan Bourcieu, docteur en Sciences de Gestion et désormais Directeur Général du groupe ESC Dijon. En grand spécialiste des causes dites « perdues », il m'a sorti de l'impasse dans laquelle je me trouvais à un moment où les soutiens n'étaient pas nombreux. L'achèvement de cette thèse n'aurait sûrement pas été possible sans lui. Parmi mes autres collègues et amis, je remercie spécialement Emmanuel Zenou, Olivier Aptel, Valérie Lefièvre et Stéphanie Maurice, qui ont eux-mêmes connu les joies du doctorat, pour leurs encouragements répétés.

Toujours parmi mes collègues, je tiens à remercier aussi Annick Bertolotti qui a fourni un soutien logistique déterminant en ce qui concerne les recherches bibliographiques, ainsi

qu'une aide précieuse sur la première phase de relecture. Martial Le Berre et Alain Auneau m'ont aidé quant à eux au tout début de l'analyse empirique, lorsqu'il s'agissait de traiter les données brutes sortant du serveur. Qu'ils en soient ici chaleureusement remerciés.

Evidemment, compte tenu de la nature et de la durée de la réalisation d'une thèse, qui perturbent assez largement l'environnement immédiat du doctorant, je remercie affectueusement mes proches d'avoir été patients et compréhensifs tout au long de ces dernières années, particulièrement mon épouse Emmanuelle qui m'a soutenu sans jamais s'agacer des contraintes parfois fortes que cela a fait peser sur elle, ainsi que ma famille et ma belle famille qui devraient comprendre en voyant le document pourquoi ça a été si long ...

Je n'oublie pas mes amis, parmi lesquels Jean-Baptiste, Vincent, Nicolas, Pierre-Cyril, Mylène et Benoist, Alain et Béatrice. Ce travail leur doit aussi beaucoup.

Sommaire

Introduction générale	p. 1
 Chapitre 1. Information et organisation.....	 p. 15
<u>Section 1. Existence de la firme et problèmes informationnels.....</u>	<u>p. 19</u>
1/ La firme néo-classique.....	p. 19
2/ Premier problème : l'imperfection de l'information	p. 20
3/ Deuxième problème : la rationalité limitée.....	p. 23
4/ Les prolongements de Williamson	p. 25
5/ Troisième problème : l'asymétrie informationnelle	p. 28
 <u>Section 2. La prise de décision dans les organisations.....</u>	 <u>p. 35</u>
1/ La théorie des équipes de Marschak & Radner (1972) et ses prolongements	p. 36
2/ Les modèles « sociologiques » de prise de décision	p. 69
 <u>Section 3. Quelle définition pour la firme processeur d'information ?.....</u>	 <u>p. 77</u>
1/ Définition de l'information	p. 77
2/ La firme est une structure d'échanges	p. 78
 Chapitre 2. Les approches du pouvoir en économie.....	 p. 81
<u>Section 1. Le pouvoir, point de départ de l'analyse des phénomènes économiques.....</u>	<u>p. 85</u>
1/ Pouvoir, autorité et convention d'obéissance.....	p. 85
2/ La théorie de l'échange contesté et la critique du capitalisme.....	p. 90
 <u>Section 2. Le « potentiel de pouvoir ».....</u>	 <u>p. 99</u>
1/ Un concept microéconomique de pouvoir	p. 99
2/ Théorie de la décision et pouvoir	p. 101
3/ L'exercice du pouvoir comme comportement économique dans le modèle standard.....	p. 103
4/ Information, incertitude et pouvoir.....	p. 104
5/ Du pouvoir de marché au pouvoir dans les organisations	p. 106

<u>Section 3. L'intégration des phénomènes de pouvoir dans le <i>mainstream</i></u>	p. 108
1/ Les activités d'influence	p. 109
2/ La délégation de l'autorité	p. 120
3/ Pouvoir et politique dans la firme	p. 123
 Chapitre 3. Les approches structurales du pouvoir intra-organisationnel	p. 133
 <u>Section 1. Les approches du pouvoir</u>	p. 137
1/ Le paradigme Dahl-Emerson et le prolongement de Lukes.....	p. 137
2/ La théorie des contingences structurelles.....	p. 143
3/ La théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources.....	p. 147
 <u>Section 2 : Centralité et pouvoir</u>	p. 151
1/ Présentation de l'approche des réseaux sociaux.....	p. 151
2/ Eléments de théorie des graphes.....	p. 155
3/ Indicateurs de centralité et pouvoir	p. 159
 <u>Section 3 : Le passage aux graphes orientés</u>	p. 167
1/ Eléments de la méthode input-output	p. 167
2/ La construction d'indicateurs d'influence à partir de la méthode input-output	p. 177
 Chapitre 4. La théorie des graphes d'influence.....	p. 185
 <u>Section 1. Des graphes de fluence aux graphes d'influence</u>	p. 189
1/ Représentation d'une équation linéaire à deux variables.....	p. 189
2/ Le graphe associé à un système d'équations.....	p. 190
3/ Les règles de réduction d'un graphe	p. 191
 <u>Section 2. Le graphe d'influence</u>	p. 194
1/ Représentation générale des relations informationnelles intra-organisationnelles	p. 194
2/ Les deux natures de l'influence	p. 199
 <u>Section 3. La diffusion arborescente des influences extérieures</u>	p. 212

1/ Déterminant d'une matrice et Graphes Partiels Hamiltoniens	p. 212
2/ Le théorème des boucles et des circuits.....	p. 215
<u>Section 4. Cheminement de l'influence dans une structure au niveau global</u>	p. 217
1/ Structures autarciques et diffusion minimale de l'influence.....	p. 218
2/ Le rôle des circularités dans la diffusion globale de l'influence.....	p. 221
3/ Les structures circulaires et la diffusion maximale de l'influence	p. 226
4/ Les structures triangulaires et l'absence totale de circularité.....	p. 232
<u>Section 5. Cheminement de l'influence dans une structure au niveau local</u>	p. 235
1/ Influence directe portée par un arc	p. 235
2/ Influence directe portée par un chemin.....	p. 237
3/ Effets de circuit et amplification de l'influence	p. 239
4/ Effets des circularités et amortissement de l'influence	p. 240
Chapitre 5. Analyse du pouvoir intra-organisationnel dans une structure concrète.....	p. 245
<u>Section 1. Eléments de méthodologie</u>	p. 249
1/ Présentation générale des indicateurs structuraux	p. 249
2/ La base de données	p. 255
<u>Section 2. La configuration de l'organisation globale</u>	p. 266
1/ Ordres de multiplication et centralité.....	p. 266
2/ Dépendance et interdépendance dans la structure globale.....	p. 270
<u>Section 3. L'agrégation des pôles en départements</u>	p. 275
1/ Analyse de la structure scindée en départements	p. 275
2/ La configuration structurale de chaque département.....	p. 282
3/ Discussion des résultats	p. 298
Conclusion générale.....	p. 303
Bibliographie.....	p. 309
Table des matières.....	p. 331
Annexes	p. 337

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

L'économie de l'information constitue dans une large mesure la césure la plus importante en ce qui concerne les avancées du siècle dernier en sciences économiques (Stiglitz, 2000, 2003, 2004).

Ainsi, le fait « de reconnaître » que l'information est imparfaite, que son acquisition peut être coûteuse, qu'il existe d'importantes asymétries d'information et enfin que l'étendue de ces asymétries dépend des actions conjointes des entités économiques, a eu des implications fortes à la fois sur les modèles de représentation des phénomènes économiques et sur la nature des explications données à ces phénomènes¹.

La modification des appareils théoriques induite notamment par la levée de l'hypothèse d'information parfaite, a concerné principalement deux objets d'étude qui sont d'un côté le marché, de l'autre la firme. S'il est vrai que l'analyse des marchés a été profondément transformée et enrichie depuis le débat initié notamment par Hayek (1945) sur la nature informationnelle du système de prix (Kirman, 1998), il faut reconnaître que l'analyse de la firme, dans un contexte de prise en compte des différentes dimensions liées à l'information, a mis plus de temps à se développer et a concerné des programmes de recherche très hétérogènes regroupés sous des appellations diverses - « théorie de la firme », « économie des organisations » - qui tendent eux-mêmes à s'intégrer dans un champ plus large qui est celui de la « théorie des organisations »².

Une caractéristique intéressante de ce (vaste) champ de recherche réside dans le fait qu'il a donné lieu à un certain nombre d'échanges fructueux entre différentes disciplines des sciences sociales, parmi lesquelles la sociologie et la psychologie, qui ont donné à la science économique deux de ses plus brillants « collaborateurs » : March et Simon. Au sein de cet ensemble hétéroclite, dont la synthèse est actuellement impossible selon Brousseau (1998), on dispose de modèles analytiques reposant sur des hypothèses divergentes et s'intéressant à des questions particulières et partielles. L'articulation entre information et firme-organisation est ainsi diversement traitée selon que l'on s'intéresse à la nature de la firme, à l'identification des formes économiquement efficientes, ou encore au processus de prise de décision.

¹ Stiglitz (2000, p. 1461) : « Beaucoup de ce à quoi les économistes croyaient, ce qu'ils pensaient être vrai sur la base de la recherche et de l'analyse couvrant presque un siècle, s'est révélé n'être pas robuste au regard de considérations sur les imperfections de l'information, même légères ».

² Qui tend à être une « théorie de l'information » si l'on suit Cremer (1998).

Néanmoins, il nous paraît possible de tracer les grandes lignes des modifications de la théorie néo-classique de la firme, la « boîte noire », à partir d'une part de l'identification des trois problèmes informationnels majeurs (imperfection de l'information, asymétrie de l'information et rationalité limitée), d'autre part des représentations du processus de décision qui sont l'objet d'un va-et-vient entre les analyses normatives du *mainstream* et celles des sociologues. En ce qui concerne le premier point, il revient à Coase (1937) d'avoir proposé sur la base de l'hypothèse d'information imparfaite une explication de l'existence de la firme, en tant qu'entité de coordination alternative au marché. Ses travaux ont donné lieu à un courant de la théorie des organisations qui aboutit dans la littérature moderne à ceux de Williamson, au moins jusqu'à son ouvrage *Markets and hierarchies* (1975). L'hypothèse d'asymétrie informationnelle va quant à elle être introduite de manière plus diluée, globalement à partir d'Arrow (1963), dans un certain nombre de travaux qui ouvriront d'un côté la théorie des droits de propriété (Alchian & Demsetz, 1972) et de l'autre la théorie de l'agence (Ross, 1973). Dans cette dernière, il faut distinguer une branche normative qui s'intéresse aux moyens de dépasser les asymétries informationnelles d'individus (parfaitement) rationnels en vue de coordonner les échanges, et une branche positive (Jensen & Meckling, 1976) qui a principalement pour vocation (autoproclamée) d'expliquer le fonctionnement des organisations concrètes. En marge de ces diverses préoccupations, les travaux de Simon (1978) expliquent l'existence de la firme par les limites cognitives des individus qui la constituent. Les frontières entre ces approches sont devenues extrêmement poreuses au fur et à mesure de la modification des appareils théoriques et on note une convergence des approches pré-citées vers une vision de la firme « nœud de contrats » (Cheung, 1983), dont la spécificité par rapport au marché tend à s'estomper au sein d'une « théorie des contrats » regroupant à la fois Williamson (1985) et les deux branches de la théorie de l'agence. Une fois expliquée et discutée l'existence de la firme sous des formes variées en réaction aux imperfections informationnelles, l'analyse des processus de décision au sein de l'organisation constitue une avancée supplémentaire dans la compréhension des mécanismes en jeu dans la « boîte noire ». Dans ce domaine, on distingue habituellement les travaux normatifs issus de la théorie statistique de la décision, basés sur l'hypothèse que les membres de l'organisation partagent des buts communs, et les travaux d'inspiration sociologique centrés autour d'une théorie de la firme insistant sur les comportements collusifs et conflictuels des individus (Cyert & March, 1963). Dans le premier cas, les processus d'identification des règles de décision optimale réalisée par la théorie des équipes de Marschak & Radner (1972) et leurs héritiers vont déboucher sur l'analyse de l'efficacité des différentes structures

informationnelles (centralisées, décentralisées). Il revient principalement à Sah & Stiglitz (1986), Radner (1993), Bolton & Dewatripont (1994) et Van Zandt (par exemple 1999) d'avoir élaboré des outils analytiques dans ce domaine³. Dans le deuxième cas, ces approches vont être discutées au niveau de leur capacité à expliquer et décrire le monde réel mais également au niveau conceptuel, au sujet notamment du statut de l'information, par des modèles tels que celui de la « corbeille à papier » (Cohen, March & Olsen, 1972) qui reste aujourd'hui un classique de cette littérature. Si l'information y conserve le statut de signal que lui attribue la théorie statistique de la décision, elle est également un symbole de pouvoir (Feldman & March, 1981).

Au-delà des différences théoriques, ce double mouvement qui articule information et organisation aboutit, à la suite de Fransman (1994), à caractériser la firme-organisation comme « processeur d'information », vision discutée depuis quelques années par un certain nombre d'auteurs pour la plupart inscrits dans les approches dites évolutionnistes (Nelson & Winter, 1982). Parmi eux, Fransman (1994) et Cohendet (1998) revendiquent une vision de la firme « processeur de connaissances » et mettent en cause la pertinence de la distinction analytique entre information d'un côté et connaissance de l'autre, respectivement définies par Machlup (1962) comme « flux » et « stock ». L'objectif de notre thèse n'est pas de proposer un concept théorique d'information qui permette d'intégrer l'ensemble de ces représentations⁴. Par conséquent, nous approfondirons dans la suite de ce travail la conception de la firme processeur d'information parce qu'il est selon nous possible de proposer dans ce cadre une approche quantifiable du pouvoir intra-organisationnel.

Il faut au préalable déterminer l'approche qui nous apparaît comme étant à la fois la plus représentative de l'expression « processeur d'information » et la plus susceptible de développements fructueux. C'est dans le cadre de la théorie des équipes, ou en tout cas de ses prémisses, que nous la trouvons. En effet, Marschak (1959, 1960) propose dans deux articles méconnus une représentation de la firme en termes de matrice entrée-sortie. Plus précisément, la firme y est envisagée comme une structure de communication de messages dans laquelle les agents sont à la fois des émetteurs et des récepteurs d'information, celle-ci étant définie comme « l'ensemble des messages potentiels associés à une source ou à un canal »⁵. En admettant l'information-donnée comme postulat de départ de l'analyse, nous remarquons

³ Pour une revue récente de la littérature, voir Mookherjee (2003).

⁴ Cf. notamment LeMoigne (1998) et les contributions dans Petit (1998).

⁵ Marschak (1960, p. 81).

simplement qu'en choisissant de se concentrer exclusivement sur le concept de « forme organisationnelle », défini comme l'ensemble des règles optimales de décision, Marschak laisse de côté deux dimensions centrales de l'analyse de la firme qui découlent de son approche centrée sur les processus de décision :

- la première dimension concerne l'analyse des relations entre des agents économiques dans la structure d'échange d'information. Elle a été largement couverte comme nous venons de le préciser par les travaux de Radner, Bolton & Dewatripont et Van Zandt mais dans le cadre de modèles où les agents poursuivent par hypothèse un objectif commun.
- la deuxième dimension est liée à l'introduction de divergences d'intérêt entre les agents en situation d'asymétrie informationnelle et concerne le potentiel d'identification des relations de pouvoir informationnel qui y serait associé.

Pour traiter de la deuxième dimension, il faut mobiliser en économie un concept de pouvoir qui puisse s'intégrer dans l'approche de la firme processeur d'information. Cela pose problème dans la mesure où, contrairement au concept d'information, le concept de pouvoir n'est pas l'objet d'un large consensus dans la communauté des économistes. On peut même avancer qu'il est l'objet d'un certain nombre de critiques synthétisées par Williamson (1993), reprenant March (1966), et qui concernent principalement la difficulté d'en faire un concept opérationnel. Dans des contributions récentes, Dockès (1999, 2000) réintroduit le pouvoir comme hypothèse fondamentale préalable à l'analyse des phénomènes économiques. Il définit la manipulation de l'information comme moyen d'exercice du pouvoir au travers de ce qu'il appelle le « pouvoir communicationnel » (Dockès, 1999, p. 25) qui repose essentiellement sur le pouvoir de négociation.

Dans la mesure où nous inscrivons l'analyse du pouvoir exclusivement dans le cadre de la firme processeur d'information, nous démarquons notre analyse de celle de Dockès sur plusieurs points. Nous nous concentrons tout d'abord sur les approches économiques du pouvoir *intra*-organisationnel, plus précisément sur les approches qui analysent les phénomènes de pouvoir consubstantiels à la dynamique des relations salariales. Ensuite, nous proposons une grille de lecture originale de ces approches articulée en trois étapes :

- dans une première étape nous repérons les contributions de l'économie des organisations qui introduisent explicitement la thématique du pouvoir *intra*-organisationnel dans l'analyse. La plupart d'entre elles considèrent que les frontières organisationnelles ne sont pas perméables aux éléments de l'environnement institutionnel dans lequel elles évoluent.

La théorie de l'échange contesté développée par Bowles & Gintis (1993, 1999) est représentative de cette approche ;

- dans une deuxième étape nous proposons d'élargir la portée analytique du concept de pouvoir intra-organisationnel en reprenant à notre compte la notion de « potentiel de pouvoir » introduite par Bartlett (1989). Nous fondons sur celle-ci l'ébauche d'un programme de recherche sur le pouvoir intra-organisationnel qui part de l'identification des conditions nécessaires pour traiter de ce thème dans un cadre *mainstream* en économie des organisations ;
- cette progression nous amène à distinguer deux approches complémentaires du « potentiel de pouvoir intra-organisationnel » en microéconomie des organisations contemporaine, plus précisément en théorie des incitations. Alors que cette théorie focalise essentiellement son attention sur l'incitation à l'effort, la révélation d'informations privées et l'acquisition de compétences spécifiques⁶, une littérature récente dans ce champ analyse des mécanismes incitatifs que nous pouvons qualifier de « politiques ». Une première approche a pour objet d'étude l'allocation du pouvoir / de la responsabilité / de l'autorité formelle entre les membres de l'organisation⁷. Dans cette perspective, la délégation de pouvoir constitue une incitation pour l'agent qui en est bénéficiaire à suivre l'intérêt du principal, sous réserve que soient mis en place des mécanismes de contrôle qui permettent de préserver le principal d'éventuels abus. Une deuxième approche regroupe notamment les théories des coalitions en organisation (Tirole, 1986), des activités d'influence (Milgrom & Roberts, 1988), des transactions informelles (Breton, 1995), des conflits en organisation (Rotemberg & Saloner, 1994), et de la bureaucratisation des organisations (Martimort, 1997). Sur la base d'une hypothèse selon laquelle l'allocation des responsabilités dans l'organisation est donnée, ces théories développent la problématique des dynamiques sociales informelles liées à la recherche de quasi-rentes positionnelles et informationnelles de la part des agents, et des moyens mis en œuvre par le principal pour les limiter ou les orienter.

La confrontation entre ces deux approches suggère une tension potentielle dans l'organisation entre « autorité » (comprise comme capacité à prendre des décisions qui orientent les actions des autres) et « discrétion » (comprise comme capacité pour un agent de contrôler l'usage des ressources mises à sa disposition et sur lesquelles il ne possède aucun droit de propriété, ainsi

⁶ Voir les synthèses de Gibbons (1998) et de Prendergast (1999).

⁷ Les termes « pouvoir » (par ex. Ortega, 2003), « responsabilité » (par ex. Prendergast, 1995), et « autorité formelle » (par ex. Aghion & Tirole, 1997) sont le plus souvent utilisés comme des synonymes dans cette littérature.

que de contrôler l'usage de sa propre force de travail)⁸. Peu de travaux en économie des organisations s'intéressent formellement à l'interaction entre autorité et discrétion, Aghion & Tirole (1997), Baker et *al.* (1999), Dessein (2002) et Subramanian (2005) constituant des exceptions notables. Les travaux de Rotemberg (1993) et de Rajan & Zingales (1998, 2001) représentent, selon nous, les pistes de recherche les plus intéressantes pour progresser dans l'étude des potentiels de pouvoir. Le premier auteur combine les problématiques de délégation de l'autorité et d'attribution de la discrétion, sans cependant s'intéresser aux stratégies préalables développées par les agents pour obtenir du « pouvoir ». Les seconds analysent les capacités d'un agent à utiliser, ou à travailler avec, des ressources critiques de l'organisation comme un mécanisme incitatif à la fois alternatif et complémentaire à la propriété des actifs. Ils élaborent à partir de là une série de propositions relatives à la structure et à la dynamique des organisations économiques. Si toutes ces approches tendent à réconcilier l'analyse de la firme avec la notion de pouvoir, un problème dans cette littérature est qu'elle définit la notion de pouvoir de manière relativement ambiguë en adoptant comme synonymes les notions d'autorité formelle, d'influence, de pouvoir et de responsabilité. Ensuite, elle ne considère pas explicitement la firme comme structure de communication (d'échange d'information) ou alors sur la base de relations dyadiques qui négligent une vision globale de la firme processeur d'information.

Dès lors, si le programme initié par Marschak (1959)⁹ a été prolongé partiellement d'un côté par des travaux traitant explicitement du choix des structures et de l'autre par des recherches explicitant les relations entre agents en termes de pouvoir, il faut avouer que ces deux dimensions n'ont pas encore fait, à notre connaissance, l'objet d'une approche intégrée.

La thèse que nous défendons dans les développements qui suivent est qu'il est possible d'articuler dans le cadre de la vision économique de la firme, définie comme processeur d'information au sens de Marschak (1959), une approche économique de la firme en tant que structure d'échanges et une approche économique du pouvoir intra-organisationnel qui lui est consubstantielle.

Une telle approche doit se positionner dans le prolongement, et non en opposition, avec la vision économique de la firme processeur d'information. C'est ainsi que l'articulation que

⁸ Pour une présentation alternative de cette tension autorité / discrétion, voir Foss & Foss (2002).

⁹ Ce programme est défini plus largement dans l'article de 1968.

nous proposons entre l'analyse de la structure d'échanges et l'étude des relations de pouvoir a plusieurs objectifs :

- elle doit être en mesure de proposer un concept opérationnel de pouvoir permettant d'identifier les différentiels de pouvoir des agents économiques. Autrement dit elle doit être capable d'expliquer quel agent ou catégorie d'agents « domine » dans la structure en fonction des critères qu'elle se donne ;
- par ailleurs, elle doit affiner la compréhension des mécanismes complexes en jeu dans la « boîte noire » en dépassant le niveau des simples relations dyadiques (ou bilatérales) qui sont déjà parfaitement décrites dans les théories de l'agence ;
- enfin, son objectif n'est pas d'établir une nouvelle théorie normative de la firme, centrée sur la détermination des décisions individuelles optimales et la caractérisation des structures efficientes¹⁰, mais bien de proposer un cadre qui serve d'analyse aux structures concrètes. Ce faisant, elle rejoint les préoccupations des théories économiques contemporaines de la firme processeur d'information.

Notre démarche s'inscrit en définitive dans l'économie de l'information, plus précisément en économie de l'organisation centrée sur l'information, et propose une voie de quantification de la firme processeur d'information.

Pour mener à bien cette démarche, nous proposons dans la suite de ce travail d'adopter une démarche pragmatique de l'économie des organisations, qui consiste à aller chercher en dehors des frontières de la science économique quelles sont les propositions ou les faits stylisés susceptibles d'enrichir les développements économiques formels. Cette posture est courante en économie des organisations. La démarche de Lazear (2000) est très caractéristique de ce point de vue. Selon lui, l'approche économique de l'organisation du travail est plus rigoureuse, plus rationnelle et sans doute meilleure en termes de prédictions que celles des autres sciences sociales. Cependant, quelquefois, cette approche économique est moins pertinente en termes de description des phénomènes. Dans ce cas, les autres sciences sociales (la sociologie des organisations et les sciences de gestion essentiellement) ont développé des concepts et fourni des données qui peuvent s'avérer utiles à l'économiste pour développer ses propres outils analytiques. Il s'en suit qu'il est faux selon Lazear d'accuser la microéconomie de la firme (« l'économie du personnel », en particulier) d'une

¹⁰ Bien que, comme nous le verrons notamment au quatrième chapitre, la méthodologie générale qui est développée puisse être utilisée à cette fin.

part d'être stérile et irréaliste, et d'autre part d'ignorer les enseignements des autres sciences sociales.

Cette démarche pragmatique va se révéler fructueuse en plusieurs occasions au cours de notre développement. :

- nous illustrerons cette démarche dans le chapitre deux en rapprochant les écrits économiques sur les dynamiques sociales informelles liées à la recherche de quasi-rentes positionnelles et informationnelles à des écrits liés au courant sociologique de « l'analyse stratégique » (Crozier & Friedberg, 1977) ;
- elle se révélera ensuite particulièrement utile lorsqu'il s'agira de traiter du concept de pouvoir. Nous passerons ainsi en revue les analyses les plus marquantes des phénomènes de pouvoir intra-organisationnel en sciences de gestion et en sociologie des organisations. A la source de ces analyses se trouve la définition de Dahl (1957)¹¹, critiquée par March (1966) qui lui reproche sa vision mécanique des relations entre agents et son manque d'opérationnalisation. Pourtant, la lecture qui en est donnée par Emerson (1962) se prête bien à l'analyse structurale que nous mènerons à partir de la firme processeur d'information. Le pouvoir y est défini comme l'inverse de la dépendance : « le pouvoir de A sur B est égal à la dépendance de B vis-à-vis de A » (Emerson, 1962, p. 33). Cette définition est utilisée par les approches sociologiques structurales mobilisées par Rotemberg (1993) dans un article mettant explicitement en exergue la thématique du pouvoir intra-organisationnel dans un cadre de théorie positive de l'agence : les théories de la contingence structurelle et de la dépendance vis-à-vis des ressources. Les discussions critiques de ces courants sociologiques nous permettront d'introduire deux types de méthodologie structurale pour l'étude des phénomènes de pouvoir intra-organisationnel. La première introduit l'usage de la théorie des graphes dans les sciences sociales et s'intéresse à la dépendance des agents dans une structure en fonction de leur position, à partir des travaux fondateurs de Bavelas (1948) sur les réseaux de communication. La seconde définit des indicateurs de dépendance sur la base des flux qui transitent entre les agents dans la structure et repose sur la méthodologie input/output susceptible de s'appliquer à n'importe quelle structure d'échange (Leontief, 1986). Cette deuxième approche a déjà été utilisée de manière intéressante pour déterminer les relations de dépendance dans une structure informationnelle assez proche de la notre (Salancik, 1986).

¹¹ Dahl (1957, pp. 202-203) : « A a du pouvoir sur B dans la mesure où il peut faire faire à B quelque chose que B n'aurait pas fait autrement ».

La théorie des graphes d'influence (Lantner, 1974) permet de combiner la théorie des graphes et la méthodologie input-output. Cette théorie se prête selon nous de manière pertinente à la réalisation des objectifs de notre thèse. En effet, son objet est de « jeter un pont » entre ces diverses théories « en dévoilant les modalités de la dépendance et de l'interdépendance générales, liées au processus de diffusion quantitative de l'influence et aux déterminations structurelles qui l'entravent, en dissociant les effets directs et indirects de dominance et en déterminant leur importance respective » (pp. 74-75). Parce qu'elle permet à la fois de combiner différents niveaux (global, local, bilatéral) d'analyse de la structure d'échange et de quantifier les relations de dépendance-interdépendance entre les agents membres de la structure, elle constitue pour notre objet un outil pertinent.

Nous utiliserons cet outil pour quantifier le pouvoir intra-organisationnel dans une structure d'échange concrète. Nous proposons à cet égard une illustration fondée sur les flux d'échanges de courriers électroniques (mails) dans une organisation intensive en information. Les données brutes utilisées pour l'étude sont les mails envoyés et reçus par les 122 membres d'une organisation réelle¹² à d'autres membres de l'organisation pendant la semaine du 9 au 15 septembre 2005, pour un total de 3841 mails. Cette illustration présente pour nous plusieurs avantages. Elle est tout d'abord cohérente avec la définition de l'information que nous avons retenue, adaptée de Marschak (1960), à savoir « l'ensemble des messages associés à un canal ». Elle permet ensuite de quantifier le pouvoir intra-organisationnel à partir uniquement des flux sans présager du contenu des messages.

Par ailleurs, l'étude de la technologie email et des flux d'information qu'elle engendre dans la structure organisationnelle nous semble particulièrement pertinente pour repérer la diversité des relations envisageables entre autorité et discrétion. Ces flux permettent ainsi à de nombreux auteurs de repérer la topologie et la dynamique de « communautés de pratiques » au sein des organisations (Tyler et *al.*, 2003), c'est-à-dire de relations intenses entre des individus qui poursuivent des objectifs similaires et qui ont une compréhension partagée de leur activité productive ; ils permettent de repérer, plus largement, la topologie et la dynamique de réseaux de collaboration et d'échanges de connaissances (Wellman, 2001). Autrement dit, ces flux constituent selon ces auteurs un moyen privilégié pour identifier les construits de coopération et de dominance qui traversent et modèlent les structures sociales qui les supportent. Garton & Wellman (1995), à travers une large revue de la littérature sur

¹² Une Institution Française d'Enseignement Supérieur en Management, membre de la Conférence des Grandes Ecoles.

l'impact des courriels dans les organisations, synthétisent ainsi les particularités de cette technologie de communication : les dynamiques sociales et cognitives qu'elle impulse résument aussi bien la nature de l'activité productive, des perceptions des utilisateurs quant aux capacités de la technologie à répondre à leurs besoins, des relations interpersonnelles, des structures organisationnelles (formelles et informelles) de pouvoir, que des média privilégiés par les directions dans leur système interne de communication.

Ces études, qui utilisent souvent les mesures traditionnelles de centralité (voir le chapitre trois), aboutissent à des résultats qui reflètent la diversité des articulations autorité / discrétion : alors que Sproull & Kiesler (1986, 1992) constatent que la technologie email contribue à réduire les distances entre les membres de l'organisation en court-circuitant les relations d'autorité formelle et en constituant des « coteries » transversales, Tyler et *al.* (2003) trouvent que la structure d'échange de courriels dans l'organisation qu'ils étudient calque en grande partie la structure formelle, et les réseaux transversaux qu'ils identifient se superposent pour la plupart à des projets impulsés par la direction.

Finalement, les objectifs que nous nous sommes fixés dans le cadre de notre thèse peuvent se décliner dans un développement en cinq étapes.

- L'objectif du premier chapitre est de revisiter, à partir d'une revue large de la littérature économique, les théories de la firme processeur d'information afin d'en proposer une définition générique qui serve de base à une quantification des relations entre information, organisation et pouvoir.
- L'objectif du deuxième chapitre est de déterminer si les approches modernes qui traitent des relations entre information et organisation ont produit un concept économique de pouvoir qui puisse s'intégrer dans notre démarche. Nous proposons d'élargir la portée analytique du concept de pouvoir intra-organisationnel à partir de la notion de « potentiel de pouvoir » (Bartlett, 1989), c'est-à-dire de l'identification des conditions nécessaires pour traiter de ce thème dans un cadre *mainstream* en économie des organisations. Dans cette perspective, les travaux de Rajan & Zingales (1998, 2001) questionnent la possibilité d'élaborer une théorie générale du pouvoir intra-organisationnel intégrant les problématiques de structure.

- Face au besoin de prolongement que nous identifions sur la base de ces travaux, notre démarche pragmatique nous amène dans le chapitre trois en dehors des frontières de la science économique vers l'analyse du pouvoir dans d'autres sciences sociales (Brass, 2002).

La thèse que nous défendons dans ce chapitre est la suivante : au cours de ces dernières décennies, dans la littérature des sciences de l'organisation, la problématique du pouvoir intra-organisationnel a été influencée par un double mouvement concomitant au niveau théorique d'une part, au niveau méthodologique d'autre part. Au plan théorique, la genèse, le développement puis l'éclatement des théories des contingences structurelles, fondées sur la définition du pouvoir donnée par Emerson (1962), ont provoqué une reformulation de la problématique du pouvoir intra-organisationnel. Au plan méthodologique, les tentatives de mesure du pouvoir en organisation se sont réorientées vers des techniques « structurales » qui concernent les concepts de centralité et de connectivité, développées par les approches modernes « des réseaux sociaux », ou inspirées de la méthodologie input-output. Si l'usage de ces nouvelles techniques reste aujourd'hui confiné aux sociologues et psychosociologues de l'organisation qui les ont développés de manière féconde¹³, nous essayons de montrer dans les deux derniers chapitres de ce travail que ces techniques structurales peuvent servir de base à un discours économique sur le pouvoir produit par l'asymétrie d'information en organisation.

- Dans ce contexte, l'objectif du quatrième chapitre est de proposer un dépassement théorique des limites entrevues aux chapitres deux et trois et constitue le cœur de notre thèse. L'intégration des deux dimensions de la firme processeur d'information de Marschak (1959), à savoir la dimension structurale et la caractérisation en termes de relations de pouvoir, est menée sur la base des principaux concepts de la théorie de la dominance informationnelle (Lantner, 1996) dont les chapitres précédents constituent à notre sens le support théorique. Ensuite, nous développons différents indicateurs et théorèmes qui nous permettent d'associer à la théorie des graphes d'influence, méthodologie générale de représentation des structures d'échanges, une voie de quantification de la firme processeur d'information en termes de pouvoir. Les propriétés de diffusion et de cheminement de l'influence au niveau de la structure globale nous permettent d'identifier trois grandes catégories de structures à partir du critère de qualité

¹³ L'œuvre de Noah Friedkin est sans doute la plus représentative de la richesse de ces développements (par ex. Bonacich & Friedkin, 1998, Bourgeois & Friedkin, 2001, Friedkin & Johnsen, 1999, Friedkin, 2003).

de transmission de l'influence, alors que les propriétés identifiées cette fois-ci au niveau local affinent encore notre compréhension des règles de fonctionnement du processus étudié.

- Une fois établie théoriquement la firme processeur d'information et les indicateurs de mesure de ses caractéristiques en termes d'information et de pouvoir, le chapitre cinq en propose une illustration qui constitue selon nous une valeur ajoutée importante de notre thèse. Le traitement de notre base d'emails par la théorie des graphes d'influence montrera notamment que les configurations identifiées par Sproull & Kiesler (1986, 1992) d'un côté, Tyler et *al.* (2003) de l'autre, peuvent parfaitement s'articuler : nous constaterons qu'une forte interdépendance entre les membres de l'organisation prise globalement peut s'associer, localement, à une forte dépendance à l'intérieur même des départements de cette structure.

CHAPITRE 1

INFORMATION ET ORGANISATION

Chapitre 1

Information et organisation

Introduction

Les articles pionniers de l'économie de l'information (Hayek, 1945, Stigler, 1961, Akerlof, 1970) s'inscrivent largement dans la lignée du modèle fondateur d'Arrow & Debreu (1954) en ce sens qu'ils s'intéressent aux comportements individuels d'agents économiques en situation d'interaction sur des marchés. De ce point de vue, l'introduction des problèmes informationnels, si elle modifie la vision économique des marchés, ne remet pas fondamentalement en cause la figure de l'entreprise. Celle-ci est circonscrite à l'entrepreneur, une sorte d'arbre qui cache la forêt des mécanismes de coordination autres que marchands observés dans le monde réel.

L'entrée dans « la boîte noire » va pourtant être une conséquence durable de la prise en compte des phénomènes économiques liés à l'information, quand bien même, comme le souligne Stiglitz (1991), on peut avoir l'impression que ce domaine d'investigation a été « abandonné » par les économistes aux sociologues ou gestionnaires. Comme nous allons le voir, il n'en est rien, même si dans ce champ de recherche particulier, la prise en compte des problèmes informationnels va amener les chercheurs en science économique à puiser, peut-être plus que d'ordinaire, dans les autres sciences sociales pour enrichir leurs analyses.

L'objet de ce premier chapitre est d'essayer de comprendre comment les économistes ont étoffé leur représentation de la firme jusqu'à entrer dans la « boîte noire » pour en décrire les mécaniques d'agencement interne. Le développement articule deux dimensions complémentaires de ce qu'à la suite de Fransman (1994) ou Cohendet (1998), nous appelons la « firme processeur d'information » de la théorie économique.

La première dimension, traitée dans la section 1, englobe les réponses apportées à la question centrale sur la nature de la firme à la suite de Coase (1937). Les prolongements de cet article séminal se déclinent en axiomatiques dont les frontières sont parfois poreuses, comme le montrent les nombreuses tentatives de revues de la littérature auxquelles elles ont donné lieu (Brousseau & Glachant, 2000). Ce qui nous intéresse ici est de savoir comment elles associent les trois problèmes informationnels majeurs – imperfection de l'information, rationalité limitée et asymétrie informationnelle – avec l'organisation économique appelée « firme ».

La deuxième dimension, développée dans la section 2, concerne l'étude des processus de décision qui placent l'information au cœur des organisations, au point de suggérer parfois que la théorie des organisations est elle-même devenue largement ces dernières années une théorie de l'information (Cremer, 1998). L'étude de ces processus oppose assez largement les travaux des économistes à ceux d'inspiration plus sociologiques, notamment en ce qui concerne la définition et le statut de l'information. La mise en perspective de ces approches nous permettra de préciser dans la section 3 la notion de « firme processeur d'information » et le concept d'information qui lui est associé, ceci afin de définir le cadre dans lequel sera développée la suite de notre travail.

Section 1 : Existence de la firme et problèmes informationnels

La représentation économique de la firme s'est développée sur les bases de la « boîte noire » de la théorie standard qui s'est progressivement étoffée au fur et à mesure de la levée des hypothèses les plus contraignantes qui la fondaient.

1.1/ La firme néo-classique

Il n'y a pas à proprement parler de théorie de la firme dans la théorie néo-classique, elle n'est qu'une composante de la théorie des prix et de l'allocation des ressources. La conception de la firme découle dans ce cadre des hypothèses générales du modèle : dans son environnement, l'information et la concurrence sont parfaites, sa technologie est donnée et elle se comporte de manière parfaitement rationnelle en maximisant son profit. Dans ce contexte, la fonction principale des firmes est de transformer des inputs en outputs, à partir de la seule information dont elles ont besoin, à savoir le prix des facteurs de production. Selon l'expression consacrée, la firme est une « boîte noire » qui transforme des ressources, son organisation interne n'est pas définie¹. C'est un acteur qui applique mécaniquement les règles du calcul économique au même titre que le consommateur individuel (Coriat & Weinstein, 1995).

Demsetz (1998, p. 34) justifie cette approche dans le modèle décentralisé² par le fait que le rôle assigné aux ménages et aux firmes est uniquement de montrer comment le marché, par l'intermédiaire du système de prix, arrive à coordonner leurs choix de consommation et de production : « la seule raison d'avoir construit les firmes est de séparer la production de la consommation ». Dans ce cadre, les problèmes d'organisation interne sont sans importance : « la firme de la théorie néo-classique n'est pas autre chose qu'une unité spécialisée dans la production [...] », au sens où sa seule fonction est de produire pour autrui. Les marchés ne

¹ Gabrié & Jacquier (1994, pp. 20-22) notent que la firme néo-classique est définie à la fois du point de vue technologique (centre de production) et économique (centre de décision) et n'est appréhendée qu'à travers ses relations avec le marché (achats d'inputs et vente d'outputs). Ils remarquent que la technologie n'est pas sélectionnée de manière efficiente (elle est donnée) et que le traitement des facteurs de production suppose deux hypothèses implicites :

- la symétrie : capital et travail sont traités de manière analogue, ce qui suppose que les formes sociales de l'entreprise n'ont aucune importance. Cela évacue donc le problème de l'organisation ;

- la passivité des agents : l'exécution du contrat de travail est considérée comme non problématique.

« La représentation néoclassique de l'entreprise évacue ainsi les problèmes de choix technologique et le problème du contrôle et de la direction de la main-d'œuvre ». En tant que centre de décision, la firme est supposée en situation d'information parfaite avec pour seul objectif la maximisation du profit.

² Il précise même que ce modèle repose sur une décentralisation et sur une interdépendance « extrêmes ».

produisent pas, ils ont pour rôle de faire coïncider offres et demandes, d'échanger les titres de propriété et de révéler les prix qui permettent ces échanges. Dans un contexte où l'information est complète à propos des prix et des technologies, « les prix ne coordonnent pas ; ils fournissent de l'information ».

Ce n'est que lorsque l'information devient imparfaite que se pose le problème de l'organisation interne, qui va être selon lui une façon efficiente d'utiliser le savoir spécialisé. C'est ainsi la levée de l'hypothèse d'information parfaite qui va être dans ce cadre l'explication d'un besoin de coordination des activités en dehors du marché. Elle va être complétée dans la théorie des coûts de transaction par la prise en compte de trois hypothèses complémentaires qui sont l'opportunisme, la rationalité limitée et l'asymétrie informationnelle³.

1.2/ Premier problème : l'imperfection de l'information

1.2.1/ La nature de la firme selon Coase (1937)⁴

1.2.1.1/ L'identification de deux modes de coordination

Coase (1937) veut proposer une définition de la firme « *à la fois réaliste et manipulable pour les économistes* », c'est-à-dire une définition qui s'inscrive dans la démarche micro-économique standard, celle qui mobilise le raisonnement à la marge.

Cette démarche est motivée par les différences observées lorsque l'on compare le mode de coordination sur le marché et le mode de coordination dans la firme : les économistes pensent le système économique comme étant coordonné par le mécanisme de prix⁵ mais cela ne correspond pas à ce que l'on observe à l'intérieur de la firme, où « un travailleur qui passe d'un département Y à un département X ne le fait pas à cause d'un changement dans les prix relatifs mais parce qu'on le lui ordonne »⁶.

³ Cette présentation a l'avantage de faire intervenir Williamson après Coase et de terminer par la théorie de l'agence. La structure présentée par Fransman (1994) identifiant asymétrie d'information et imperfection d'information nous paraît forte dans la mesure où comme l'asymétrie n'est pas un problème traité explicitement par Coase, il ne peut fonder sur elle sa théorie de la firme. Par contre, ajouter cette hypothèse à son modèle augmente bien les coûts de transaction qu'il identifie.

⁴ Nous avons travaillé sur la reproduction de l'article original donnée dans Williamson & Winter (1993) et les numéros de page font référence à cet ouvrage.

⁵ Coase (1993, p. 19) : « le système économique fonctionne tout seul ».

⁶ Coase (1993, pp. 64-65) considère que ce point de départ (« l'utilisation de la relation employeur/employé comme archétype de la firme ») pour illustrer la distinction entre firme et marché est « l'une des faiblesses

Pour dépasser cette représentation qui est selon lui incomplète, il distingue alors deux méthodes alternatives pour coordonner la production. A l'extérieur de la firme, les mouvements de prix déterminent la production, cette dernière étant coordonnée par des transactions marchandes, alors qu'au sein de la firme, ces transactions marchandes sont éliminées et en lieu et place de la structure de marché, on trouve « l'entrepreneur-coordonateur » qui dirige la production.

Il en conclut que « la marque distinctive de la firme est le remplacement du mécanisme de prix »⁷.

1.2.1.2/ L'explication de l'existence de la firme

Il explique l'existence de la firme en justifiant pourquoi l'instrument de coordination est dans certains cas le mécanisme de prix et dans d'autres l'entrepreneur : « la raison principale pour laquelle il est profitable d'établir une firme semblerait être qu'il y a un coût à utiliser le mécanisme de prix »⁸.

Il distingue alors plusieurs types de coûts d'utilisation du marché :

- 1) Le coût le plus évident est celui de découverte des prix pertinents, pouvant être réduit par le recours à des spécialistes qui vendraient cette information.
- 2) Les coûts de négociation et de conclusion de contrats séparés pour chaque transaction prenant place sur un marché sont un autre type de coût. Cette multitude de contrats est remplacée dans la firme par un contrat unique par lequel le facteur de production accepte d'obéir à un entrepreneur « dans certaines limites » en échange d'une rémunération. Celle-ci est fixe ou variable : « l'essence du contrat est qu'il devrait seulement établir les limites des pouvoirs de l'entrepreneur ».
- 3) Le coût de renouvellement de contrats courts peut être réduit par l'établissement d'un contrat à long terme au sein de la firme.

Dès lors, la délégation de la direction des ressources à une autorité permet d'économiser certains coûts de marché. Pourquoi dans ces conditions la production n'est-elle pas entièrement réalisée par une seule firme ?

principales » de son article de 1937, dans la mesure où il se concentre en effet sur la vision de la firme comme acheteur des inputs qu'elle utilise en négligeant que la nature de la firme est de « faire tourner des affaires ».

⁷ Coase (1993, p. 20).

⁸ Coase (1993, p. 21).

1.2.2 / L'explication de la taille de la firme

Coase va donner deux types d'explications, une fondée sur l'idée de « rendements décroissants du management »⁹, l'autre basée sur l'évolution des prix des facteurs de production.

Sur le premier point, Coase suggère ainsi que la fonction de l'entrepreneur est à rendements décroissants pour deux raisons :

- 1) au fur et à mesure que la firme croît et génère des transactions supplémentaires, les coûts d'organisation de ces transactions augmentent également. Le processus s'arrête lorsque les coûts générés par l'organisation d'une transaction supplémentaire sont égaux aux coûts de réalisation de cette transaction sur le marché ;
- 2) lorsque les transactions qu'il faut organiser augmentent, l'entrepreneur n'utilise plus les facteurs de production de manière optimale, si bien que le nombre de transactions va augmenter jusqu'au moment où la perte générée par le gaspillage des ressources est égale aux coûts de réalisation de la transaction sur le marché.

La deuxième explication suggère que les prix des facteurs de production (principalement celui du travail) vont croître avec la taille de la firme parce que le coût d'opportunité de ne pas travailler dans une firme plus petite va devenir plus important¹⁰.

Finalement, le message central de son explication est qu'une firme va tendre à se développer « jusqu'à temps que les coûts d'organisation d'une transaction supplémentaire au sein de la firme deviennent égaux aux coûts de réalisation de la même transaction au moyen d'un échange sur le marché ou des coûts d'organisation dans une autre firme »¹¹. Au sujet des coûts d'organisation, il précise enfin sans les caractériser explicitement qu'ils sont susceptibles

⁹ Coase (1993, p. 23). Cette idée a déjà été développée par Knight (1921) comme le fait remarquer également Demsetz (1998).

¹⁰ Cet argument est expliqué dans Coase (1993, pp. 48-60) : la notion de « prix d'offre croissant » est relative « au fait que les gens travaillant dans une grande firme trouveront les conditions de travail moins attractives que celles d'une petite firme et qu'ils demanderont ainsi une rémunération plus élevée en guise de compensation ». Le facteur de production coûtera donc plus cher dans une grande firme.

¹¹ Coase (1993, p. 24). « Toutes choses égales par ailleurs, dès lors, une firme va tendre à être d'autant plus large que : a) les coûts d'organisation sont faibles et qu'ils croissent faiblement avec le nombre de transactions à organiser ; b) l'entrepreneur a une propension faible à faire des erreurs et le nombre d'erreurs commises croît faiblement avec le nombre de transactions à organiser ; c) le prix des facteurs de production croît faiblement pour des firmes de grande taille ».

d'augmenter avec l'augmentation de la distribution spatiale des transactions, la différenciation des transactions¹², et de la probabilité de changement des prix pertinents.

Coase (1937) va ainsi définir la firme comme mode de coordination alternatif au marché en présence des coûts de transaction générés principalement par les problèmes d'accès à l'information liés à l'imperfection de l'information. De ce point de vue, c'est bien la disponibilité de l'information et son coût qui déterminent l'existence de la firme.

1.3/ Deuxième problème : la rationalité limitée

Là où Coase justifie l'existence des organisations par la levée de l'hypothèse d'information parfaite, Simon va l'étudier par la levée de l'hypothèse de rationalité parfaite, en plusieurs étapes et dans le cadre d'un programme de recherche qui dépasse largement celui de la théorie des organisations (Parthenay, 2005). Il est fondé sur l'hypothèse selon laquelle l'homme est essentiellement un processeur d'information (Simon, 1991).

1.3.1/ Définition de la rationalité limitée

Partant du constat de l'existence de différentes formes de rationalité¹³, Simon va s'intéresser à la notion de rationalité limitée qui recouvre deux dimensions :

- les individus sont rationnels dans la mesure où ils peuvent expliquer la plupart du temps leurs décisions ;
- leur rationalité est limitée parce qu'ils font des erreurs de jugement et n'atteignent pas toujours les buts qu'ils se sont fixés.

Dans ce contexte, les individus vont prendre leurs décisions en fonction des buts visés et de l'analyse qu'ils font de leur environnement (Simon, 1959)¹⁴.

La rationalité limitée provient précisément de l'incapacité des individus à traiter l'ensemble des informations en provenance de leur environnement : « chaque organisme humain vit dans un environnement qui produit des millions de bits de nouvelle information chaque seconde, mais le goulot d'étranglement de l'appareil de perception n'admet certainement pas plus de

¹² Cette notion renvoie à la notion plus actuelle de « spécificité des actifs ».

¹³ Cf. Simon (1947, p. 70), cité par Parthenay (1995), pour une présentation.

¹⁴ Simon (1959, p. 273) : « Une décision dans la vie réelle comprend quelques buts ou valeurs, quelques faits en ce qui concerne l'environnement, et quelques inférences tirées des valeurs et des faits. Les buts et les valeurs peuvent être simples ou complexes, cohérents ou contradictoires ; les faits peuvent être réels ou supposés, basés sur des observations ou des rapports réalisés par d'autres ; les inférences peuvent être valides ou fausses ».

1000 bits par seconde et probablement moins »¹⁵. Dès lors, l'agent prendra ses décisions sur la base d'une représentation subjective du monde réel, inscrite dans le contexte social dans lequel l'individu est immergé¹⁶, et supportera un niveau d'écart plus ou moins important entre les conséquences attendues de ses actions et la réalisation effective de ses buts.

Simon va alors tirer deux conséquences importantes de l'identification des limites de la rationalité.

Tout d'abord, la rationalité limitée s'oppose à la rationalité parfaite (ou « substantive ») du modèle standard, qui suppose que les agents peuvent effectuer tous les calculs nécessaires à la résolution de leurs plans de consommation et de production afin d'aboutir à un choix optimal. Dans le contexte d'une rationalité limitée, Simon suggère qu'il faut déplacer le problème de la rationalité du choix vers le problème de la rationalité des procédures de choix, et il propose de remplacer le concept de rationalité parfaite par celui de rationalité « procédurale ». Celle-ci définit que l'agent va rechercher une solution à son problème lorsqu'il aura atteint un certain niveau de satisfaction (ou « satisfecit »), correspondant au niveau d'aspiration qu'il aura lui-même défini initialement.

Ensuite, il faut remettre en cause à la fois l'hypothèse de maximisation des profits¹⁷, ce qui nécessite de déterminer comment les procédures de décision se déroulent dans l'organisation, et le rôle du marché, qui ne peut plus être le moyen de parvenir à un optimum.¹⁸

1.3.2/ L'organisation comme moyen de rationaliser la prise de décision

Pour Simon, l'organisation permet de réaliser dans de bonnes conditions les activités de production pour trois raisons¹⁹.

Tout d'abord, elle permet la création et l'utilisation de procédures routinières et formalisées pour faire face à l'incertitude. Par exemple, le contrat de travail, en autorisant l'employeur à

¹⁵ Simon (1959, p. 273).

¹⁶ Selon March & Simon (1958, pp. 136-137), « le milieu organisationnel et social dans lequel se trouve la personne qui prend une décision détermine les conséquences auxquelles elle s'attendra, celles auxquelles elle ne s'attendra pas ; les possibilités de choix qu'elle prendra en considération et celles qu'elle laissera de côté ».

¹⁷ Cf. Simon (1955) qui traite de manière formelle de la prise de décision à partir de la règle de maximisation de l'utilité espérée. Cet article est une réponse à Friedman (1953) au sujet du réalisme des hypothèses du modèle standard.

¹⁸ Même si à l'instar de Hayek (1945), Simon reconnaît qu'il réduit le besoin d'information des agents grâce au mécanisme de prix.

¹⁹ Comme le remarque Fransman (1994, p. 159), Simon veut fournir une explication « intentionnelle » de l'existence de la firme, et pas une explication causale. Autrement dit, il observe les firmes comme données sans essayer d'expliquer leur émergence, ce qui différencie significativement sa démarche de celle de Coase.

choisir l'action appropriée que doit effectuer l'employé, définit une relation d'autorité qui permet d'imposer aux employés ces procédures (Simon, 1951)²⁰. Ces derniers prennent leurs décisions en accord avec les objectifs de l'organisation dans la limite définie par le contrat de travail. La formalisation du processus de recherche économise les ressources et sa hiérarchisation permet de dépasser les limites individuelles de la rationalité, si bien que la recherche d'une décision satisfaisante en est facilitée.

Ensuite, l'organisation permet de diviser le processus de décision entre plusieurs agents. Elle reproduit ainsi le processus de décomposition des problèmes utilisé par un individu confronté à une situation complexe. Dans l'organisation, les décisions sont divisées en sous-buts opérationnels et réparties entre les individus pour tirer bénéfice de la spécialisation grâce à la division du travail. La cohérence de l'ensemble est assurée par la relation d'autorité.

Enfin, le fractionnement de la prise de décision entre plusieurs individus dilue les risques d'erreur.

Finalement, l'organisation assure de manière efficiente la coordination des actions de ses membres ; ces actions consistant essentiellement à traiter de l'information, grâce aux procédures formalisées et routinières qu'elle met en œuvre et par le fractionnement des objectifs à atteindre qui sont ensuite répartis entre les membres. L'autorité issue du contrat de travail assure la cohérence de l'ensemble mais ce sont bien les processus de prise de décision, donc du traitement de l'information, qui caractérisent à la fois les individus et les organisations.

1.4/ Les prolongements de Williamson

La théorie des coûts de transaction va s'appuyer à la fois sur Coase (1937) et sur les travaux de Simon pour définir l'existence de la firme. Son objectif est de montrer comment la firme et les différents arrangements contractuels peuvent être expliqués par leur efficacité supérieure sur les formes alternatives²¹.

²⁰ Simon (1947, p. 112), cité par Parthenay (1995), définit l'autorité comme « le pouvoir de prendre les décisions qui orientent l'action d'autrui. C'est une relation entre deux individus, l'un 'supérieur', l'autre 'subordonné'. Le supérieur élabore et communique ses décisions en prévoyant qu'elles seront acceptées par ses subordonnés ». La définition de Simon (1951, p. 294) est plus formelle et adaptée au développement de son modèle.

²¹ Comme le font remarquer un certain nombre d'auteurs (Gabrié & Jacquier, 1994, Coriat & Weinstein, 1995), il y a deux périodes dans la théorie des coûts de transaction : jusqu'à Markets and Hierarchies (1975), Williamson va rester sur la distinction firme/marché dans l'esprit de Coase (1937), ensuite il développera un certain nombre de formes intermédiaires dans une approche plus large de la firme « nœud de contrats », bien identifiée dans The Institutions of capitalism (1985). Finalement, pour Coriat & Weinstein (1995) la théorie de la firme des coûts de transaction est schizophrène : elle part d'une conception hiérarchique des rapports entre membres et de l'importance de l'autorité comme fondement de la firme puis s'oriente vers une firme « nœud de

A partir d'une redéfinition précise des différents coûts de transaction, d'une analyse fine des transactions et de deux hypothèses comportementales, il va élaborer une théorie des formes institutionnelles.

En ce qui concerne tout d'abord les coûts de transaction, il va distinguer les coûts avant la signature du contrat (ou coûts *ex ante*) et les coûts après signature (ou coûts *ex post*).

Les coûts *ex ante* sont globalement les coûts de négociation et de rédaction des contrats et ils incluent :

- les coûts de recherche d'un partenaire à l'échange ;
- le coût d'élaboration des contrats ;
- le coût des garanties accompagnant la transaction.

Les coûts *ex post* sont au nombre de quatre et concernent :

- les « coûts d'inadaptation » des contrats aux modifications de l'environnement ;
- les « coûts de marchandage » lors de la renégociation ;
- les « coûts d'établissement et de fonctionnement des structures de gouvernance chargées de régler les conflits » ;
- les « coûts d'engagement » qui n'existent que dans le cas d'une rupture de contrat.

Ensuite, il va considérer trois caractéristiques fondamentales des transactions susceptibles d'influer sur le choix de la forme contractuelle :

- la fréquence des transactions ;
- leur degré d'incertitude ;
- le degré de spécificité des actifs, qui recouvre les spécificités de site, de destination, d'actifs humains et d'actifs physiques. Les transactions impliquant ce type d'actifs spécifiques sont appelées « idiosyncratiques ».

A partir de cette articulation, le coût de transaction va être défini comme une fonction décroissante de la fréquence des transactions considérées et croissante de l'incertitude et de la spécificité des actifs en jeu.

Enfin il va établir deux hypothèses quant au comportement des agents : ceux-ci ont une rationalité limitée et sont susceptibles d'être opportunistes ; l'opportunisme n'étant défini

contrats », conçue comme un système de contrats libres entre agents égaux, dans la veine de ce que propose la théorie de l'agence.

que comme une manifestation particulière de la recherche de l'intérêt individuel dans le cas où l'objet de la transaction implique un actif spécifique. Pour illustrer l'opportunisme au sens de Williamson, considérons une firme A qui, pour fournir une firme B, doit réaliser des investissements spécifiques qui n'ont aucune valeur pour A en dehors de la fourniture de services à B. On peut identifier alors deux types d'opportunisme, celui de B et celui de A :

- l'opportunisme de B (cas le plus fréquemment étudié) : une fois que ces investissements sont faits, B peut être tenté de faire baisser le prix des prestations de A jusqu'à un point où le rendement de l'investissement pour A est nul. Réalisant ce risque, A n'est pas incité à investir et B n'aura pas d'autre moyen que de réaliser lui-même cet investissement et les services dont il a besoin ;
- l'opportunisme de A : une fois l'accord entre A et B signé, il est coûteux pour B de changer de fournisseur et A peut ainsi être tenté d'augmenter le prix de ses services.

Face à ce type de comportement, la question est alors de savoir dans quels cas le contrat de long terme est le plus approprié et dans quels cas c'est l'intégration verticale (Klein, Crawford & Alchian, 1978)²².

Finalement, la théorie des coûts de transaction va expliquer les différentes formes organisationnelles (ou contractuelles) par les défaillances de marché découlant notamment des problèmes d'asymétrie et d'imperfection informationnelle : ce sont à la fois les hasards contractuels et les coûts associés qui vont expliquer le type d'arrangement choisi ; ce choix consistant à « trouver le mode organisationnel susceptible d'offrir le plus de garanties possibles au moindre coût, ce que Williamson²³ appelle le « principe d'alignement discriminant ». Cette théorie a été prolongée par la théorie des droits de propriété (ou théorie des contrats incomplets²⁴) dans un cadre plus proche de la théorie standard, dont nous allons

²² Pour Coase (1993, pp. 69-72), cela ne dépend pas d'une quelconque hypothèse d'opportunisme mais simplement de la comparaison des coûts associés aux deux solutions dans le contexte spécifique étudié. Il relativise l'hypothèse de comportement opportuniste lié à la spécificité des actifs, d'une part parce que ce type de comportement menace les affaires futures (réputation), d'autre part parce qu'il existe des arrangements contractuels qui limitent la profitabilité de tels comportements. Ménard (2004, p. 25) précise par ailleurs que le modèle peut se passer des hypothèses de rationalité limitée et d'opportunisme qui « viennent juste renforcer la probabilité de hasards contractuels ».

²³ On retrouve ce principe dans Williamson (1996, chapitre 4).

²⁴ Cf. sur ce point Hart (1995) pour une bibliographie et Brousseau & Glachant (2000) pour une revue de la littérature et l'articulation de cette théorie avec les autres branches de la théorie des contrats.

présenter maintenant deux approches qui définissent également la firme « processeur d'information » à partir des asymétries informationnelles²⁵.

1.5/ Troisième problème : l'asymétrie informationnelle

L'asymétrie informationnelle est à la base de la plupart des nouvelles théories néo-classiques de la firme qui adaptent à l'étude de l'organisation les problèmes soulevés initialement dans le cadre des marchés, c'est-à-dire la sélection adverse et l'aléa moral²⁶. Le modèle principal-agent y est dominant, et compte tenu de la grande variété de modèles issus de ce courant (Sappington, 1991, Salanié, 1994), nous choisissons d'illustrer les approches de la firme processeur d'information fondées sur une asymétrie informationnelle à partir de deux approches centrales qui sont celle d'Alchian & Demsetz (1972) et celle de Jensen & Meckling (1976)²⁷.

1.5.1/ Alchian & Demsetz (1972) et la production en équipe²⁸

Alchian & Demsetz partent du postulat selon lequel dans une économie décentralisée, « les propriétaires des ressources augmentent la productivité par le biais d'une spécialisation coopérative et cela aboutit à une demande d'organisations économiques qui facilitent la coopération »²⁹.

Dès lors une théorie de l'organisation économique doit expliquer à la fois dans quelles conditions les gains de la spécialisation sont obtenus dans la firme ou sur les marchés et quelle est la structure de l'organisation choisie.

²⁵ Hypothèse non formulée par la théorie des contrats incomplets.

²⁶ Brousseau & Glachant (2000) remarquent à ce sujet que l'on parle dans ce type de modèle de sélection adverse si la variable à l'origine de l'asymétrie est exogène (non manipulable par celui qui la détient) et d'aléa moral si cette variable est endogène.

²⁷ Ce dernier modèle relève de la théorie positive de l'agence, par opposition à la théorie normative de l'agence représentée par la théorie des incitations. Ce choix est celui qui est la plupart du temps retenu dans la littérature en théorie des organisations à cause de son niveau de formalisation moindre.

²⁸ L'importance que revêt cet article dans la littérature moderne sur l'économie de la firme justifie selon nous les passages assez longs que nous sommes amenés à citer.

²⁹ Alchian & Demsetz (1972, p. 777). La production en équipe est donc une hypothèse de départ. Remarquons les erreurs dans les références de pagination (pour A & D et pour J & M) dans Fransman (1994).

1.5.1.1/ La remise en cause du rôle de l'autorité

Un point essentiel de leur analyse est que ce n'est pas la relation d'autorité qui distingue la firme du marché : « Il est commun de voir la firme caractérisée par le pouvoir de régler des questions par décret, ou par l'autorité, ou par une action disciplinaire supérieure à celle disponible sur le marché traditionnel. C'est une illusion. La firme n'est pas propriétaire de tous ses inputs. Elle n'a pas plus de pouvoir de décret, pas plus d'autorité, pas plus d'action disciplinaire que la contractualisation marchande entre deux personnes »³⁰.

A la question « quel est donc le contenu du pouvoir supposé du management et de la répartition des travailleurs à différentes tâches ? », Alchian et Demsetz répondent qu'il est identique à celui d'un consommateur vis-à-vis de son épicier, c'est-à-dire qu'un employeur et un employé ne sont tenus par aucune obligation contractuelle de prolonger leur relation. Ils en concluent en opposition à Coase (1937) que « les contrats de long terme entre employeur et employé ne constituent pas l'essence de l'organisation que l'on appelle une firme ».

Ils expliquent alors que la différence entre les deux types de relations contractuelles « réside dans l'utilisation conjointe (en équipe) des inputs et la position centralisée d'une des parties dans les arrangements contractuels de tous les autres inputs. Elle réside dans l'agent contractuel centralisé dans un processus productif en équipe, pas dans le pouvoir directif autoritaire supérieur ou le pouvoir disciplinaire ».

1.5.1.2/ La production en équipe

La production en équipe³¹ est la production dans laquelle :

- plusieurs types de ressources sont utilisés ;

³⁰ Alchian & Demsetz (1972, p. 777).

³¹ Cette définition est donnée p. 779 avec un certain nombre d'autres hypothèses complémentaires dans le cas d'un propriétaire unique :

- l'esclavage est interdit ;
- l'aversion au risque est une raison pour qu'une personne n'emprunte pas assez pour acheter tous les actifs ou prestataires de service plutôt que de les louer ;
- les coûts de propriété à court terme sont supérieurs aux coûts de location.

Ils précisent par ailleurs (pp. 790-791) qu'une équipe est meilleure lorsque existe de la loyauté, à cause de la réduction du resquillage que cela induit. La difficulté est de justifier économiquement cet esprit d'équipe et cette loyauté.

- le produit n'est pas une somme de produits séparables réalisés par chaque ressource qui coopère ;
- toutes les ressources utilisées dans la production en équipe n'appartiennent pas à une personne.

Cette forme particulière va être utilisée lorsqu'elle génère un produit suffisamment grand (comparativement à la somme des productions respectives) pour couvrir les coûts d'organisation et de discipline des membres de l'équipe, ces coûts étant générés par le problème d'évaluation des productivités marginales.

1.5.1.3/ Le problème de l'évaluation des productivités marginales

Dans le modèle standard, l'hypothèse de rémunération des facteurs de production à leur productivité marginale suppose implicitement l'existence d'une organisation (que ce soit le marché ou la firme) qui détermine la rémunération des ressources productives en fonction de leur productivité respective³².

Le problème est qu'il est difficile à partir de la seule observation de l'output total de déterminer les contributions individuelles des inputs à l'output, dans la mesure où ce dernier est par définition différent de la somme d'outputs séparables qui seraient réalisés par chacun des membres. Un indice de la productivité de chaque input peut être donné par l'observation du comportement des inputs individuels mais cette observation a un coût. Dans ces conditions, chaque propriétaire d'input a « davantage d'incitation à 'tirer au flanc' quand il travaille comme membre d'une équipe ».

Alchian & Demsetz suggèrent alors un sens de causalité inverse, c'est-à-dire que c'est le système particulier de rémunération qui va générer une réponse spécifique en termes de productivité. La question essentielle est alors de savoir quelles sont les formes d'organisation de la production en équipe susceptibles de baisser le coût de détection de la performance (de la productivité marginale).

³² « Le problème de l'organisation économique, le moyen économique pour mesurer la productivité et les rémunérations, n'est pas traité directement dans l'analyse classique de la production et de la distribution. Au lieu de cela, cette analyse tend à supposer des moyens suffisamment économiques – ou à coût zéro – comme si la productivité créait automatiquement sa rémunération » (Alchian & Demsetz, 1972, p. 778).

1.5.1.4/ La firme : une structure de droits de propriété particulière

En principe, la concurrence marchande entre les membres potentiels de l'équipe pourrait permettre de contrôler la production en équipe, c'est-à-dire l'appartenance à l'équipe et les rémunérations individuelles. Il n'y aurait alors « ni leader d'équipe, ni manager, ni organisateur, ni propriétaire ou employeur ».³³

Deux raisons vont cependant empêcher ce mécanisme. D'une part, les postulants à une équipe doivent savoir dans quelle mesure ils seraient capables de remplacer avantageusement un membre qui tire au flanc, ce qui suppose qu'ils puissent identifier le problème lorsqu'il se pose et son impact sur l'activité de l'équipe. Or, par définition, la détection des tire-au-flanc par l'observation du produit de l'équipe est coûteuse. D'autre part, si on suppose qu'existent des coûts de détection et que, pour assurer sa place, un postulant doit accepter une plus faible rémunération (ou de faire la promesse qu'il produira plus), son incitation à tricher sera au moins équivalente à celle des inputs remplacés. Dans ce cas en effet, il supporte toujours moins que la réduction totale du produit de l'équipe dont il est responsable.

La méthode pour réduire les incitations à tirer au flanc proposée par Alchian & Demsetz consiste alors à nommer un contrôleur chargé de surveiller le niveau de production effectif des membres de l'équipe. Pour résoudre le problème du contrôle du contrôleur, la solution choisie consiste à intéresser le contrôleur aux performances des membres de l'équipe qu'il est chargé de surveiller, en lui attribuant un certain nombre de droits³⁴.

Finalement le statut particulier du contrôleur (qui définit « la propriété de la firme classique ») article :

- 1) « le droit de revendiquer une récompense résiduelle » : le propriétaire est un « créancier résiduel »³⁵ au sens où il perçoit ce qui reste de la production une fois que les salaires ont été payés. Cela correspond au gain de production généré par la diminution des comportements de tire-au-flanc ;
- 2) « le droit d'observer le comportement des inputs » ;

³³ Alchian & Demsetz (1972, p. 781).

³⁴ Alchian & Demsetz (1972, p. 783).

³⁵ Coriat & Weinstein (1995).

- 3) « le droit à être la partie centrale commune à tous les contrats avec les inputs »³⁶ ;
- 4) « le droit de modifier l'appartenance à l'équipe » ;
- 5) « le droit de vendre les droits précédents ».

Ainsi, pour Alchian & Demsetz, cet ensemble de contrats bilatéraux centralisés émerge parce qu'elle résout les asymétries informationnelles de la production en équipe « de manière plus satisfaisante que ne le fait l'arrangement contractuel décentralisé ». Il forme « la base de l'entité appelée firme, spécialement appropriée pour l'organisation des processus de production en équipe ».

Cette structure contractuelle émerge comme moyen d'augmenter l'organisation efficace de la production en équipe, en particulier la capacité à détecter les tire-au-flanc. Les coûts de détection sont réduits et la discipline (par la révision des contrats) est rendue plus économique.³⁷

1.5.2/ La théorie de l'agence

La théorie de l'agence est constituée de deux courants qui sont la branche normative (théorie des incitations) et la branche positive (Jensen & Meckling, 1976).

1.5.2.1/ La théorie normative de l'agence

Parmi les hypothèses centrales de ce type de modèle³⁸ on trouve la rationalité parfaite, les calculs se font sans coût. La théorie des incitations³⁹ qui est dominante aujourd'hui renvoie à

³⁶ Alchian & Demsetz (1972, p. 783) : « La relation qui lie le propriétaire de la firme à chacun des membres de l'équipe est simplement un contrat 'quid pro quo' par lequel chacun fait un achat et une vente : n'importe lequel des co-contractants peut la terminer ».

³⁷ Les auteurs suggèrent à la fin de leur article que la firme n'est finalement pas autre chose qu'une forme de marché particulière. Les auteurs concluent en effet par une conjecture : « comme conséquence du flux d'information vers la partie centrale (l'employeur), la firme prend la caractéristique d'être un marché efficace en ce sens où l'information sur les caractéristiques productives d'un ensemble étendu d'inputs distincts est maintenant disponible moins cher ». En conséquence, l'efficacité des combinaisons d'inputs est meilleure dans ce cadre que par la recherche habituelle sur les marchés. La seule différence est que les inputs se concurrencent les uns les autres au sein et via la firme plutôt que seulement sur les marchés, à partir d'une conception de la concurrence comme « la révélation et l'échange de connaissance ou d'information au sujet des qualités, des utilisations potentielles de différents inputs dans différentes utilisations potentielles ». Finalement, la firme est autant un mécanisme d'augmentation de la concurrence entre des ressources qu'un mécanisme pour récompenser plus efficacement les inputs. La firme peut alors être considérée comme un marché en propriété privée : la firme et le marché « ordinaire » sont des types concurrents de marché (Alchian & Demsetz, p. 795).

³⁸ On se réfère ici principalement à Brousseau & Glachant (2000).

³⁹ Pour une revue de littérature des problématiques traitées, cf. Sappington (1991), Salanié (1994) et l'ouvrage de Bolton & Dewatripont (2005).

une situation type appelée « principal-agent » dans laquelle la partie sous-informée (le principal) construit un schéma d'incitation pour que la partie informée (l'agent), soit lui révèle son information privée (dans le cas d'anti-sélection), soit fournit le niveau d'effort conforme à ses intérêts (cas d'aléa moral). Le schéma d'incitation est fondé sur une rémunération conditionnelle aux signaux renvoyant une information sur le comportement de l'agent.

Deux hypothèses centrales garantissent l'existence d'un tel schéma :

- 1) le principal (sous-informé) connaît la loi de probabilité de la variable qu'il n'observe pas ainsi que la fonction de préférence de l'agent. Cela lui permet de prévoir (anticiper) les réactions de l'agent face aux différents contrats incitatifs possibles et donc de choisir celui qui sera optimal pour l'agent ;
- 2) le cadre institutionnel assure le respect des engagements pris par le principal (c'est une hypothèse implicite), ce qui assure la crédibilité du principal vis-à-vis de l'agent. De plus le schéma de rémunération repose sur une information supposée observable par un tiers (qui est dans la plupart des cas un tribunal).

Les raffinements apportés au cadre initial ont été nombreux, parmi lesquels les modèles combinant aléa moral et sélection adverse, les modèles multi-agents (à principal unique), les asymétries informationnelles portant sur plusieurs variables, les modèles de théorie des jeux avec répétition des interactions (introduisant les problèmes de crédibilité et de réputation). Une limite de tous ces raffinements repose sur la difficulté d'y associer des études empiriques.

1.5.2.2/ La théorie positive de l'agence⁴⁰

Dans ce courant, les travaux de Jensen & Meckling (1976) prolongent les travaux d'Alchian & Demsetz (1972) auxquels ils reprochent d'avoir circonscrit l'étude de la firme au seul cas de la production en équipe. Leur objectif est de développer une théorie de la structure de propriété pour la firme. Un de leurs apports réside dans la définition de la relation d'agence et des coûts d'agence associés qui aboutissent à la vision de la firme « nœud de contrats ».

⁴⁰ On trouvera une analyse détaillée de ce courant dans Charreaux (1999, 2000), qui insiste notamment sur les interprétations selon lui « erronées » que l'on fait habituellement de cette approche. Cette difficulté d'interprétation est bien exprimée par Brousseau & Glachant (2000) qui, après avoir présenté la théorie des incitations, celle des contrats incomplets et la théorie des coûts de transaction, présentent la théorie positive de l'agence comme « une forme hybride des trois précédentes ».

Une relation d'agence concerne la délégation d'autorité entre un principal et un agent. Si tous deux cherchent à maximiser leur utilité, on peut supposer que l'agent n'agira pas toujours dans l'intérêt du principal. Ce dernier peut limiter les divergences d'intérêt en trouvant des incitations appropriées pour l'agent et en établissant des coûts de contrôle, qui sont à la fois des coûts de mesure et d'observation du comportement de l'agent et des efforts de la part du principal, sous forme par exemple de restrictions budgétaires, fixation de règles etc. L'agent pourra aussi supporter des coûts d'engagement afin de s'assurer que le principal sera satisfait de ses décisions. Enfin, la « perte résiduelle » est définie dans ce type de relation comme la perte de bien-être du principal générée par les décisions de l'agent et par rapport aux décisions qui auraient maximisé le bien-être du principal.

Ils définissent ainsi les coûts d'agence comme la somme :

- des « dépenses de contrôle » engagées par le principal,
- des « dépenses d'engagement par l'agent », qui recouvrent deux types de coûts : d'une part ceux que l'agent devra engager pour garantir au principal qu'il se conduira bien conformément aux intérêts de celui-ci, d'autre part les coûts de dédommagement qu'il devra supporter s'il faillit dans cette tâche
- la « perte résiduelle », qui est l'écart entre le résultat de l'action effectivement prise par l'agent et le résultat de ce qu'aurait été l'action optimale pour le principal⁴¹.

Selon eux, ces coûts d'agence émergent non seulement dans des relations d'agence mais aussi dans toute situation impliquant un effort de coopération comme la production en équipe décrite par Alchian & Demsetz (1972), ils ont donc une portée très générale.

Ensuite, contrairement à la branche normative de l'agence, Jensen & Meckling (1976) se concentrent « exclusivement sur les aspects positifs de la théorie »⁴² c'est-à-dire qu'ils supposent que les individus résolvent les problèmes normatifs et s'intéressent aux éléments de la forme contractuelle d'équilibre caractérisant la relation entre un manager (l'agent) et les propriétaires (principaux). La théorie positive de l'agence a pour objectif principal d'essayer de comprendre et d'expliquer la structure et le fonctionnement des organisations réelles.

Enfin, un point central de leur théorie est leur vision de la firme comme « nœud d'un ensemble de relations contractuelles entre individus ». Dans ce cadre, la firme « n'est pas un individu. C'est une fiction légale qui sert de point de convergence pour le processus complexe dans lequel les objectifs conflictuels d'individus (certains d'entre eux pourraient représenter

⁴¹ Coriat & Weinstein (1995) associent ce dernier coût à un coût d'opportunité.

⁴² Jensen & Meckling (1976, p. 306).

d'autres organisations) sont amenés à l'équilibre dans un modèle de relations contractuelles. Dans ce sens, le 'comportement' de la firme est comme le comportement du marché, c'est-à-dire le résultat d'un processus d'équilibre complexe ».

L'objectif d'une telle théorie est alors de déterminer pour toute relation d'agence la configuration optimale, autrement dit celle qui permet de minimiser les coûts d'agence⁴³. On est donc bien ici dans le cadre d'une approche qui fonde l'existence de la firme « nœud de contrat » à partir des problèmes d'information (notamment l'asymétrie entre principal et agent)⁴⁴.

Finalement, quels que soient le statut et la nature de la firme par rapport au marché (substitut, complément), la plupart des analyses économiques de la firme dans la science économique moderne convergent sur un point : la firme est largement définie comme un processeur d'information, dont l'existence peut être expliquée par les problèmes d'imperfection et/ou d'asymétrie informationnelle et de traitement de l'information. Une fois établi et expliqué la genèse de ce mode de coordination, il nous reste alors à étudier plus avant les procédures de prise de décision décrites dans la littérature pour pouvoir identifier plus précisément les différentes dimensions informationnelles des organisations.

Section 2 : La prise de décision dans les organisations

La prise de décision dans les organisations est certainement un des objets d'étude qui marque le plus distinctement l'opposition entre les formalisations des économistes d'une part, et celle des sociologues d'autre part, quand bien même les grands auteurs de cette dernière discipline sont aujourd'hui largement apparentés à ce qu'on pourrait appeler une « science économique élargie » pour paraphraser le concept de « théorie standard élargie » de Favereau⁴⁵.

⁴³ Demsetz (1998, pp. 57-58) affirme que le coût d'agence n'est pas un problème en soi : « le degré correct de dissémination du capital de la société et, par implication, la difficulté correcte du problème d'agence, sont fonction du comportement d'optimisation tel qu'il est supposé par la théorie néo-classique » qui arbitre entre coût du risque du capital (qui augmente lorsque l'on a un « recours insuffisant aux capacités des dirigeants professionnels » et coût de surveillance de ces mêmes dirigeants. Selon lui, l'objectif ultime ne peut donc être en aucun cas la recherche de coûts d'agence minimum.

⁴⁴ Même si les approches dominantes tendent à nier finalement l'existence d'une organisation appelée firme distincte du marché. Comme le précise notamment Coriat & Weinstein (1995), chez Jensen & Meckling « la firme n'a pas d'existence véritable ».

⁴⁵ Une bonne illustration en est le prix Nobel accordé à Herbert Simon dont les travaux initiaux concernent davantage la psychologie et même la science politique – cf. un certain nombre de références dans Dahl (1957) - que la science économique au sens strict.

A la suite de Gibbons (2003, p. 761), il nous paraît pertinent pour présenter ce thème de partir de « deux approches polaires » qui sont d'une part la théorie des équipes de Marschak & Radner (1972) et d'autre part la théorie des « poubelles » (*garbage cans*) de Cohen, March & Olsen (1972). Ces deux approches nous permettront de présenter les prolongements respectifs qui y sont affiliés, le modèle de Sah & Stiglitz (1986) et les modèles de traitement décentralisés de l'information d'un côté, une étude détaillée du rôle de l'information dans les organisations réelles de l'autre.

2.1/ La théorie des équipes de Marschak & Radner (1972) et ses prolongements

Pour Marschak & Radner (1972, p. 4) « en substance, la théorie de la décision peut être appelée science économique de l'information », ce qui justifie selon nous la place que nous allons y consacrer dans cette section.

2.1.1/ Le cadre originel de la théorie des équipes

Les auteurs partent du constat que les actions mises en œuvre dans les organisations sont différentes des actions prises par une personne seule (« l'entrepreneur » de la firme du modèle standard par exemple), et ceci à cause de deux éléments qui sont d'une part l'asymétrie d'information entre membres d'une organisation, d'autre part la divergence d'intérêt (et de croyance) entre les entités individuelles de l'organisation et l'organisation dans son ensemble. Evacuant dès le début de l'analyse les problèmes spécifiques liés à la divergence d'intérêt, Marschak & Radner vont s'intéresser au cas particulier d'une organisation dont les membres ont les mêmes intérêts⁴⁶ mais ne partagent pas la même information, et qu'ils définissent sous le nom « équipe ». Leur modèle est donc fondé sur l'hypothèse d'asymétrie informationnelle et a pour but de déterminer l'allocation optimale des tâches de recherche et de communication d'informations entre les membres de l'équipe.

Il s'agit d'un modèle fondé sur la théorie de la décision statistique élaborée par Von Neumann & Morgenstern et Savage⁴⁷ qui procède en deux temps : les quatre premiers chapitres définissent les concepts centraux de la prise de décision individuelle qui sont étendus dans le

⁴⁶ En ce qui concerne ces intérêts, Marschak & Radner (1972, p. 124) précisent : « ils sont habituellement identifiés par les buts ou mieux, par la hiérarchie des buts, qui expriment l'ordre de préférence parmi les conséquences des actions. Les intérêts sont ici définis à la fois par les goûts et les croyances ».

⁴⁷ Dont les grands principes sont rappelés dans l'annexe 1.

reste de l'ouvrage à la prise de décision d'une équipe. Nous adaptons ici un exemple tiré de Marschak & Radner (1972, p. 87 et suivantes) qui a l'avantage de présenter un problème de décision individuel reprenant les concepts clés de l'analyse⁴⁸.

2.1.1.1/ Les concepts clés de l'analyse de la décision individuelle

a) Structure d'information et forme organisationnelle

Un problème de décision est caractérisé par

- un ensemble X des différents états alternatifs de l'environnement x ;
- un ensemble R des revenus alternatifs r ;
- un ensemble A des actions concevables a ;
- une fonction de paiement ρ qui spécifie le résultat de chaque paire « état de la nature/action » : $r = \rho(x,a)$.

Sachant la distribution de probabilité (subjective) des états de l'environnement, la meilleure action pour le décideur est celle qui lui procure le meilleur paiement espéré, ou plus précisément l'action qui lui procure l'utilité espérée la plus grande. La généralisation du problème se fait lorsque l'individu ne choisit plus parmi des actions mais parmi des règles d'action, celles-ci étant définies comme suit : « Une règle d'action, appelée aussi règle de décision, stratégie ou fonction de décision, est un schéma qui détermine à l'avance, pour chaque signal d'information future possible, l'action qui va être effectuée en réponse au signal. »⁴⁹

Les données du problème consistent donc en une description de quatre éléments qui sont :

- l'ensemble X des états possibles x de l'environnement ;
- la distribution de probabilité sur X ;
- l'ensemble A des actions alternatives a ;
- la fonction de paiement.

⁴⁸ Nous renvoyons à l'annexe 2 pour un traitement complet d'un problème d'équipe, qui reprend l'exemple fameux des docks décrit pour la première fois dans l'article fondateur de Marschak en 1959.

⁴⁹ Marschak & Radner (1972, p. 45).

Elles peuvent être complétées par des signaux d'information, chacun d'eux ne donnant qu'une description partielle de l'état du monde : chaque signal d'information y (élément d'un ensemble Y) correspond à un sous-ensemble particulier de l'ensemble des états X . L'analyse est enrichie par un concept supplémentaire⁵⁰, celui de « structure d'information », qui est définie comme une partition de l'ensemble X des états de la nature, certains signaux (ou symboles) correspondant à des sous-ensembles identifiés de X ⁵¹. Un point intéressant concerne l'hypothèse selon laquelle cette structure d'information représente une méthode particulière d'accumulation d'information. Elles sont définies formellement comme suit :

« Soit Y l'ensemble des signaux d'information alternatifs possibles. Pour chaque état de la nature $x \in X$ correspond un signal $y \in Y$ et une méthode d'accumulation d'information particulière est associée à une fonction η de X dans Y , appelée structure d'information, telle que $y = \eta(x)$ ».

Autrement dit, pour une structure d'information donnée η , chaque signal y correspond à un sous-ensemble de x , c'est-à-dire un ensemble d'états x qui vérifient : $\eta(x) = y$.

Il s'en suit que chaque structure d'information induit une partition de X en une famille exhaustive de sous-ensembles mutuellement exclusifs, chaque sous-ensemble étant identifié par un signal d'information particulier⁵². L'introduction de la structure d'information modifie

⁵⁰ Que l'on retrouve en science économique de l'information avec des sens différents (cf. annexe 1).

⁵¹ Marschak & Radner (1972, p. 48) : un signal d'information représente un sous-ensemble des états de l'environnement. Dans la formulation d'un problème de décision, les états doivent être décrits avec suffisamment de détails pour représenter non seulement les aspects pertinents pour la fonction de paiement, mais aussi les aspects pertinents sur le type d'information sur lequel les décisions seraient basées. Par ailleurs, lorsque la décision est fondée sur de l'information qui n'influence pas le paiement, on dira que cette information est du bruit.

⁵² Ajoutons à cela le concept de « *fineness* » (que l'on traduit généralement par « finesse ») de la structure d'information, définie par un théorème p. 57 et suivie d'une remarque intéressante concernant l'information au sens de Shannon : On dira de deux structures d'information η_1 et η_2 , que η_1 est aussi fine que η_2 si η_1 est une sous-partition de η_2 , c'est-à-dire si chaque ensemble de η_1 est contenu dans des ensembles de η_2 . Par exemple soit X l'ensemble de tous les nombres entre 0 et 1, η_1 partitionne X en 10 intervalles égaux, η_2 partitionne X en 100 intervalles égaux : η_2 est plus fine que η_1 .

La structure d'information la plus fine possible est l'information complète, définie par : $\eta(x) = \{x\}$ pour tout $x \in X$, dans cette partition, chaque ensemble représente un état unique. La structure d'information la moins fine possible est la partition consistant dans l'ensemble x lui-même. Cette structure d'information ne donne aucune information et une fonction de décision basée sur cette structure est constante, c'est-à-dire que la même action est prise quel que soit l'état x . Ils établissent p. 54 le théorème suivant : « soient η_1 et η_2 deux structures d'information distinctes ; si η_1 est aussi fine que η_2 , dans ce cas et seulement dans ce cas η_1 a au moins autant de valeur que η_2 , pour chaque densité de probabilité et pour chaque fonction de paiement, c'est à dire : $\Omega^*(\eta_1; \omega, \phi) \geq \Omega^*(\eta_2; \omega, \phi)$ pour tout ω et ϕ ».

(pp. 57-58) « Un corollaire intéressant de ce théorème est qu'il est impossible de définir une mesure unique de la quantité d'information (sans référence à la fonction de paiement) telle que, si une structure d'information ajoute un montant d'information plus grand qu'une autre, la première sera de plus de valeur que la seconde, pour chaque fonction de paiement. Une mesure de la quantité d'information indépendante de la fonction de paiement

le programme du décideur puisque son choix d'action devient dépendant de la structure d'information donnée.

La combinaison d'une structure d'information ainsi définie avec la règle de décision compte tenu de cette structure est appelée « forme organisationnelle ».

b) Coût et valeur de l'information

Un aspect central de leur théorie est l'introduction explicite des problèmes de coût et de valeur de l'information. A l'instar du montant d'information de Shannon (1948), le coût de l'information ne dépend pas des propriétés mathématiques de l'ensemble de signaux Y , ni de la distribution de probabilité sur cet ensemble. Il dépend par contre de la structure d'information η et de la distribution de probabilité sur l'ensemble X des états de la nature.

Cependant, deux systèmes de signaux avec les mêmes distributions de probabilité vont induire des coûts différents parce que le coût en temps passé à chercher l'information pour le décideur, ou le coût monétaire payé sur le marché des services d'information, dépend de facteurs supplémentaires comme par exemple les positions de négociation relatives des vendeurs et des acheteurs de tels services. Au final, la valeur d'une structure d'information donnée, pour les autres utilisateurs de ce type d'information comme pour le décideur, influence le coût d'information.

Marschak & Radner (1972, pp. 84-85) proposent une représentation de la fonction de coût en termes d'utilité : la fonction de paiement (qui dépend pour chaque état x de la fonction de décision et de la structure d'information) devient ainsi une différence entre l'utilité apportée par une prise de décision (le paiement consécutif à une action) et l'utilité à laquelle on renonce (le sacrifice en termes d'utilité ou coût d'opportunité) par ce choix. Ils justifient ce choix par les avantages méthodologiques que procure cette distinction⁵³.

et dépendante seulement des probabilités des signaux alternatifs y , a été proposée par C. Shannon. Dans le cas simple où les signaux sont de nombre fini et équiprobables, la mesure de Shannon est une fonction croissante (le logarithme) du nombre de signaux. Par exemple, si x est uniformément distribué sur un intervalle X , divisé en n sous-intervalles égaux, et si l'information $y = \eta(x)$ consiste à définir le sous-intervalle dans lequel se trouve le nombre x , la mesure de Shannon est d'autant plus grande que n est grand. »

Marshak & Radner précisent alors que ce classement des structures d'information en fonction du nombre de sous-intervalles ne coïncide pas nécessairement avec le classement des valeurs de ces structures d'information (à ce sujet voir aussi Marschak, 1960).

⁵³ Formellement : $v[p(x, \alpha[\eta(x)])] = v[p(x, \alpha[\eta(x)])] - v[\gamma(x, \alpha, \eta)]$ avec γ la fonction de coût et v la fonction d'utilité.

Pour traiter de la valeur de l'information, ils introduisent un certain nombre d'hypothèses complémentaires :

- la variable de revenu est numérique (par exemple le profit)
- la fonction de revenu (net) peut être représentée par la différence entre un revenu total et le coût
- le coût est indépendant de l'état x et de la règle de décision $\alpha(\eta)$. C'est un nombre (non aléatoire) qui dépend seulement de la structure d'information. Ils introduisent ainsi le coût comme exogène.
- la fonction d'utilité est continue et strictement croissante (mais pas nécessairement linéaire)

Soit C le coût pour une structure d'information donnée. Sachant que l'utilité espérée maximum qui peut être obtenue à partir d'une structure η est donnée par la solution de:

$$\max_{\alpha} E\{v[\rho(x, \alpha[\eta(x)])] - C\} \quad (1)$$

Dans le cas où il n'y a pas d'information, le coût C est supposé nul et l'expression devient :

$$\max_a E\{v[\rho(x, a)]\} \quad (2)$$

La valeur de la structure d'information, notée $V(\eta)$ est alors définie comme étant la valeur de C qui égalise (1) et (2).

Dans le cas de fonctions d'utilité linéaires (hypothèse implicite faite par Marschak & Radner dans la majeure partie de leur ouvrage), on a :

$$V(\eta) = \max_{\alpha} E\{v[\rho(x, \alpha[\eta(x)])]\} - \max_a E\{v[\rho(x, a)]\} \quad (3)$$

La valeur de l'information est simplement la différence entre l'utilité espérée du gain avec information et l'utilité espérée du gain sans information.

c) Une illustration

Soit une situation dans laquelle le décideur doit choisir une action parmi cinq, sachant qu'il existe quatre états de l'environnement possibles. La fonction de revenu associée à chaque paire (état, action) est donnée et définie dans le tableau suivant :

	états			
actions	1	2	3	4
1	1	0	-100	-100
2	-100	-100	1	0
3	0,4	-100	0,4	-100
4	-100	0,4	-100	0,4
5	0	0	0	0

L'agent peut avoir 3 types d'informations différentes, définis par les trois structures d'information η_i ($i = 1, 2, 3$) suivantes qui donnent le signal associé à chaque état de la nature :

$$1/ \eta_0(x) = 0 \text{ quel que soit } x$$

$$2/ \eta_1(1) = \eta_1(2) = 0$$

$$\eta_1(3) = \eta_1(4) = 1$$

$$3/ \eta_2(1) = \eta_2(3) = 0$$

$$\eta_2(2) = \eta_2(4) = 1$$

La fonction d'utilité du gain est non linéaire:

$$v(r) = \begin{cases} r & \text{pour } r \leq 0,5 \\ 0,5 + 0,2(r - 0,5) & \text{pour } r > 0,5 \end{cases}$$

A partir de cette fonction d'utilité le décideur peut calculer les niveaux d'utilité associés à chaque couple (état de la nature, action). Par exemple, l'action 1 lui rapporte 1 si l'état 1 se réalise, soit une utilité $v(1) = 0,5 + 0,2(1 - 0,5) = 0,6$.

Le tableau ci-dessous synthétise ces résultats :

	états			
actions	1	2	3	4
1	0,6	0	-100	-100
2	-100	-100	0,6	0
3	0,4	-100	0,4	-100
4	-100	0,4	-100	0,4
5	0	0	0	0

Le décideur va alors devoir calculer les gains associés à chaque scénario c'est-à-dire chaque signal qu'il peut potentiellement recevoir. Il va ainsi construire pour chaque structure d'information l'espérance d'utilité associée à chaque action.

Cas 1 : la structure d'information est η_0

C'est le cas le plus basique dans la mesure où le signal ne lui permet pas de discriminer entre les différents états possibles : $\eta_0(x) = 0$ quel que soit x .

	états				
actions	1	2	3	4	E(U)
1	0,6	0	-100	-100	-49,85
2	-100	-100	0,6	0	-49,85
3	0,4	-100	0,4	-100	-49,8
4	-100	0,4	-100	0,4	-49,8
5	0	0	0	0	0

La meilleure action, c'est-à-dire celle qui maximise l'utilité espérée lorsque l'information est nulle (notée E(U) dans le tableau ci-dessus), est $a = 5$ et donne une espérance d'utilité nulle pour la structure d'information η_0 .

La règle de décision associée à la réception du signal 0 sachant η_0 est donc $\alpha_0(y) = \alpha_0(0) = 5$.

Cas 2 : la structure d'information est η_I

Cette structure peut envoyer deux signaux différents : $\eta_I(x) = 0$ ou $\eta_I(x) = 1$

a) $\eta_I(x) = 0$

On est soit dans l'état 1, soit dans l'état 2, ce qui permet d'éliminer 3 et 4 comme états possibles. Dans ce cas les probabilités de se trouver dans l'un ou l'autre état sont égales à $\frac{1}{2}$ et on recalcule l'espérance d'utilité sachant cette information :

	états		
actions	1	2	E(U)
1	0,6	0	0,3
2	-100	-100	-100
3	0,4	-100	-49,8
4	-100	0,4	-49,8
5	0	0	0

La meilleure action est ici $a = 1$, soit $\alpha_I(y) = \alpha_I(0) = 1$.

b) $\eta_I(x) = 1$

On est soit dans l'état 3, soit dans l'état 4 avec une probabilité de réalisation pour chacun des états égale à $\frac{1}{2}$.

	états		
actions	3	4	E(U)
1	-100	-100	-100
2	0,6	0	0,3
3	0,4	-100	-49,8
4	-100	0,4	-49,8
5	0	0	0

La meilleure action est ici $a = 2$, soit $\alpha_I(y) = \alpha_I(1) = 2$.

Cas 3 : la structure d'information est η_2

Comme dans le cas précédent, le décideur peut recevoir deux signaux différents.

a) $\eta_2(x) = 0$

On est soit dans l'état 1, soit dans l'état 3 avec des probabilités d'occurrence respectives de $\frac{1}{2}$.

	états		
actions	1	3	E(U)
1	0,6	-100	-49,7
2	-100	0,6	-49,7
3	0,4	0,4	0,4
4	-100	-100	-100
5	0	0	0

La meilleure action est ici $a = 3$, soit $\alpha_2(y) = \alpha_2(0) = 3$.

b) $\eta_2(x) = 1$

On est soit dans l'état 2, soit dans l'état 4.

	états		
actions	2	4	E(U)
1	0	-100	-50
2	-100	0	-50
3	-100	-100	-100
4	0,4	0,4	0,4
5	0	0	0

La meilleure action est ici $a = 4$, soit $\alpha_2(y) = \alpha_2(1) = 4$.

Une fois identifiées les règles de décision associées à chaque signal en fonction des structures d'information, le décideur peut alors calculer la matrice des revenus totaux associés à chaque fonction de décision à partir de la matrice initiale.

Dans la structure η_1 , si le signal est 0, l'état vrai peut être 1 ou 2 et la meilleure décision est de choisir l'action 1, qui rapporte 1 si l'état 1 se réalise, 0 si l'état 2 se réalise.

De la même manière, si le signal est 1, on est soit dans l'état 3, soit dans l'état 4. La meilleure décision est de choisir l'action 2, qui rapporte un gain de 1 si l'on se trouve dans l'état 3, de 0 si l'on se trouve dans l'état 4.

	états			
actions	1	2	3	4
1	1	0	-100	-100
2	-100	-100	1	0
3	0,4	-100	0,4	-100
4	-100	0,4	-100	0,4
5	0	0	0	0

Dans la structure η_2 , si le signal est 0, l'état vrai peut être 1 ou 3 et la meilleure décision est de choisir l'action 3, qui rapporte 0,4 si l'état 1 se réalise et 0,4 si l'état 3 se réalise.

Si le signal est 1, on est soit dans l'état 2, soit dans l'état 4. La meilleure décision est de choisir l'action 4, qui génère un gain de 0,4 que l'on se trouve dans l'état 3 ou dans l'état 4.

	états			
actions	1	2	3	4
1	1	0	-100	-100
2	-100	-100	1	0
3	0,4	-100	0,4	-100
4	-100	0,4	-100	0,4
5	0	0	0	0

On peut ensuite construire le tableau des revenus totaux pour chaque fonction de décision selon les états qui se réalisent effectivement. Il s'agit en fait d'un tableau synthétisant le

revenu du décideur associé à chaque règle de décision dépendant du signal, donc de la structure d'information. On peut enfin calculer l'utilité de chaque revenu à partir de la fonction d'utilité définie plus haut.

	revenu total		utilité du revenu total	
états	α_1	α_2	α_1	α_2
1	1	0,4	0,6	0,4
2	0	0,4	0	0,4
3	1	0,4	0,6	0,4
4	0	0,4	0	0,4

Le revenu total de la fonction de décision α_1 si l'état 1 se réalise est 1, or $v(1) = 0,5 + 0,2(1 - 1/2) = 0,6$ puisque $r > 0,5$.

Si on fait l'hypothèse que les 4 états sont équiprobables (chacun ayant une probabilité égale à 0,25 de se réaliser), on peut ensuite calculer les espérances d'utilité associées à chaque fonction de décision α_i :

$$Ev\{p(x, \alpha_1[\eta_1(x)])\} = 0,6(0,25) + 0(0,25) + 0,6(0,25) + 0(0,25) = 0,3$$

$$Ev\{p(x, \alpha_2[\eta_2(x)])\} = 0,4$$

La question qui se pose ensuite est de déterminer $V(\eta_1)$ et $V(\eta_2)$ sachant que chacune d'entre elles est la solution d'une équation de type (3), avec $p(x, \alpha[\eta(x)])$ l'expression du revenu net et $\max_x v[p(x, \alpha)] = 0$ (on choisit l'action 5 qui rapporte 0 dans le cas où il n'y a pas d'information).

$$\text{Dès lors, } V(\eta_1) \text{ vérifie } \max_{\alpha} E\{v[p(x, \alpha[\eta_1(x)])] - V(\eta_1)\} = 0 \quad (4)$$

$$V(\eta_2) \text{ vérifie } \max_{\alpha} E\{v[p(x, \alpha[\eta_2(x)])] - V(\eta_2)\} = 0 \quad (5)$$

La difficulté consiste ici dans le passage du calcul du revenu net (égal au revenu total moins la valeur de l'information) à l'utilité de ce revenu net, telle qu'elle est définie plus haut. Supposons que le revenu net est tel que $v(\text{revenu net}) = \text{revenu net}$, soit le cas où le revenu net est inférieur à 0,5. Dans ce cas, $V(\eta_1)$ vérifie (4) et il vient:

$$\begin{aligned} & \frac{1}{4}[1 - V(\eta_1)] + \frac{1}{4}[0 - V(\eta_1)] + \frac{1}{4}[1 - V(\eta_1)] + \frac{1}{4}[0 - V(\eta_1)] = 0 \\ \Leftrightarrow & \frac{1}{4}[2 - 4V(\eta_1)] = 0 \\ \Leftrightarrow & V(\eta_1) = 0,5 \end{aligned}$$

A partir de (5), on détermine de la même manière : $V(\eta_2) = 0,4$.

En considérant ces valeurs de $V(\eta_1)$ et $V(\eta_2)$, le calcul des revenus nets nous donne à partir du tableau précédent :

	revenu net total		utilité du revenu net total	
états	α_1	α_2	α_1	α_2
1	0,5	0	0,5	0
2	-0,5	0	-0,5	0
3	0,5	0	0,5	0
4	-0,5	0	-0,5	0

Comme les revenus nets sont inférieurs ou égaux à 0,5, l'hypothèse de départ selon laquelle l'utilité des revenus nets est égale à leur montant respectif est vérifiée ici et on peut retenir ces valeurs comme les vraies valeurs des deux structures d'information, si bien que l'on conclue $V(\eta_1) > V(\eta_2)$.

Si on avait utilisé $V(\eta) = \max_{\alpha} E\{v[p(x, \alpha[\eta(x)])]\} - \max_a E\{v[p(x, a)]\}$, les résultats auraient été différents puisque dans ce cas :

$$V(\eta_1) = 0,3 - 0 = 0,3$$

$$V(\eta_2) = 0,4 - 0 = 0,4$$

Marschak & Radner expliquent cela par le fait que d'une part la fonction de décision α_1 induit une fonction de distribution des revenus plus risquée (risque de perte), d'autre part la fonction d'utilité (non linéaire) exprime une aversion pour le risque.

D'un autre côté, l'utilité maximum possible du revenu total associée à α_1 est supérieure à celle associée à α_2 ($0,6 > 0,4$). La soustraction des coûts fait baisser le revenu net dans une

zone où la fonction d'utilité est linéaire ($v(\text{revenu}) = \text{revenu}$), ce qui correspond à une situation de neutralité à l'égard du risque et cela suffit dans cet exemple à inverser le classement des deux structures d'information.

Finalement, le problème de décision individuelle se résume ainsi :

Sachant :

- l'ensemble des états de la nature X ,
- l'ensemble des revenus R ,
- l'ensemble des actions A ,
- la fonction de gain ρ ,
- la fonction de coût γ ,
- la fonction de distribution des probabilités sur X notée π ,
- la fonction d'utilité v ,

il s'agit de choisir la forme organisationnelle (η, α) qui maximise le gain net espéré $\Omega^*(\eta, \alpha)$ qui peut être écrit :

$$\Omega^*(\eta, \alpha; \rho, \gamma, \pi, v) = E\{v[\rho(x, \alpha[\eta(x)])] - \gamma(x, \eta)]\}$$

soit dans le cas d'une fonction d'utilité linéaire :

$$\Omega^*(\eta, \alpha) = E\{\omega(x, \alpha[\eta(x)])\} - E[\gamma(x, \eta)] \quad (6)$$

2.1.1.2/ Le problème de décision de l'équipe

Marschak & Radner (1972, p. 124) déterminent la prise de décision en équipe à partir des caractéristiques de la prise de décision individuelle. Dans la mesure où chaque membre (de l'équipe) décide d'une action différente basée en général sur des informations hétérogènes, « si on se trouve en présence de n membres, la structure d'information et la règle de décision de l'équipe va consister en n structures d'information et n règles de décision. Le problème est alors de choisir la paire de n -uplets qui sert au mieux les intérêts bien définis de l'équipe ».

Le produit joint de toutes les combinaisons d'actions des membres de l'équipe va être associé avec une utilité commune à tous les membres, appelée « l'utilité de l'équipe ». Par ailleurs, chaque événement non influencé par leurs actions sera associé à une même probabilité pour tous. Sur cette base, le problème de l'équipe est alors de choisir simultanément la structure

d'information de l'équipe et la règle de décision de l'équipe qui constituent la forme organisationnelle de l'équipe. Dans ce cadre, la tâche de l'organisateur est d'esquisser les règles d'information et de décision qui servent au mieux les intérêts de l'organisation, en faisant l'hypothèse que les agents obéiront aux règles. Le problème des incitations est ici négligé.

a) Gain de l'équipe et action

Dans une équipe de n membres, le membre i ($i = 1, \dots, n$) choisit une action a_i parmi un ensemble d'actions qu'il peut réaliser A_i .

On peut conserver la fonction de gain total retenue dans le cas d'une seule personne, à savoir $u = \omega(x, a_1, a_2, \dots)$ avec :

- u l'utilité de l'équipe ;
- x l'état du monde, élément de l'ensemble X sur lequel est définie une mesure de probabilité subjective notée π et qui caractérise maintenant les croyances de l'équipe ;
- a_i décrit la variable action contrôlée par le $i^{\text{ème}}$ membre, associée à son ensemble d'actions réalisables par lui noté A_i . L'action a_i peut elle-même être un m -uplet de plusieurs variables distinctes, toutes contrôlées par le membre i .

Si ω est additive, alors il existe n fonctions de sous-gains ω_i ($i = 1, \dots, n$) telles que:

$$\omega(x, a) = \sum_i \omega_i(x, a_i)$$

avec $a = (a_1, \dots, a_n)$.

Toutes les fois que a_i et a_j sont des réels et que $\frac{\delta \omega(x, a)}{\delta a_i \delta a_j} = q_{ij}$ existe, q_{ij} peut être utilisé

comme mesure de l'interaction entre les membres de l'équipe (cette quantité n'est pas en général constante mais dépend de a_i et a_j ainsi que de x).

b) Fonctions de décision et d'information dans une équipe

Le $i^{\text{ème}}$ membre d'une équipe quelconque choisit une action a_i sur la base de son information y_i . Il y a donc n fonctions de décision $\alpha_1, \dots, \alpha_n$ et $a_i = \alpha_i(y_i)$. Le n -uplet de fonctions de décision peut être noté $\alpha = (\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ et est appelé la règle de décision de l'équipe.

Soient $a = (a_1, \dots, a_n)$ l'action jointe des membres de l'équipe, $y = (y_1, \dots, y_n)$ leur information jointe ; l'équation $a = \alpha(y)$ peut être conservée avec une interprétation appropriée dans le cadre de l'équipe.

Par ailleurs, la variable d'information y_i du $i^{\text{ème}}$ membre de l'équipe est reliée à l'état x par la fonction η_i de telle sorte que : $y_i = \eta_i(x)$. A l'instar de ce qui a été présenté dans un contexte de décision individuelle, le n -uplet $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_n)$ est alors appelé structure d'information de l'équipe et $a = \alpha[\eta(x)]$.

Le gain total de l'équipe peut être alors réécrit :

$$u = \omega(x, a) = \omega(x, \alpha[\eta(x)]) = \omega(x, \alpha_1[\eta_1(x)], \dots, \alpha_n[\eta_n(x)])$$

Le gain total espéré est $E(u) = \Omega(\eta, \alpha) = E\{\omega(x, \alpha[\eta(x)])\}$ et le gain total espéré maximum d'une équipe, sachant sa structure d'information $\eta = (\eta_1, \dots, \eta_n)$ est le produit de la maximisation du gain total espéré en fonction de la règle de décision α :

$$\hat{\Omega}(\eta) = \max_{\alpha} \Omega(\eta, \alpha) = \max_{\alpha_1, \dots, \alpha_n} E\{\omega(x, \alpha_1[\eta_1(x)], \dots, \alpha_n[\eta_n(x)])\} \quad (7)$$

On représente en général la structure d'information dans un problème d'équipe par la matrice $\eta = [\eta_{ik}]$ ($i = 1, \dots, n$; $k = 1, \dots, K$) telle que :

$$\eta_{ik} = \begin{cases} 0 & \text{si } a_i \text{ ne dépend pas de } x_k \\ 1 & \text{si } a_i \text{ dépend de } x_k \end{cases}$$

c) Spécialisation, coût organisationnel et gain net espéré

Le coût d'information étudié dans l'équipe uni-personnelle était le coût d'accumulation d'information en provenance de l'extérieur, appelé le coût de l'observation. Dans une équipe à plusieurs personnes, les auteurs vont introduire le coût de communication entre les membres de l'équipe. La somme de ces deux types de coûts justifie une spécialisation de l'information au sens où les structures d'information η_i et η_j de deux membres d'une équipe diffèrent. Il y a également une spécialisation des actions dans le sens où les ensembles A_i et A_j sont différents. Même si les membres d'une équipe partagent la même connaissance (en négligeant le coût d'information), il peut être avantageux de spécialiser les tâches, à cause du coût de la

décision⁵⁴. On appelle finalement le coût organisationnel l'ensemble des coûts relatifs à la décision et à l'information. Par ailleurs, l'information détenue par l'équipe est dite centralisée ou décentralisée, en fonction du fait que ses membres ont ou pas la même structure d'information.

Dès lors, le problème de l'organisateur d'une équipe sera, lorsque la fonction d'utilité monétaire est linéaire, de maximiser par rapport à α et η , le gain net espéré :

$$E\{\omega(x, \alpha[\eta(x)])\} - E[\gamma(x, \alpha, \eta)] \quad (8)$$

avec $\gamma(x, \alpha, \eta)$ le coût d'information et de décision de l'équipe lorsque l'état de l'environnement est x .

d) Co-spécialisation d'une action et observation

Par hypothèse, il y a une correspondance entre les actions a_i et les états x_k dans le sens où le coût c_{ik} associé à l'observation de la $k^{\text{ème}}$ variable par le $i^{\text{ème}}$ membre est prohibitif lorsque i est différent de k (et acceptable lorsque $i = k$). Cela revient à dire que le $i^{\text{ème}}$ membre est le seul spécialiste de la $i^{\text{ème}}$ variable. Chaque autre membre ne peut obtenir l'information sur cette variable qu'en communiquant indirectement ou directement avec le $i^{\text{ème}}$ membre. Cette hypothèse, appelée « co-spécialisation » (de l'action et l'observation) permet d'exclure un certain nombre de structures d'information moins profitables.

Soit par exemple une équipe composée de deux personnes dans un environnement à deux états. Cela correspond à 16 structures d'information possibles si on applique la notation matricielle suivante :

$$\eta_{ik} = \begin{cases} 0 & \text{si le membre } i \text{ n'observe pas } x_k \\ 1 & \text{si le membre } i \text{ observe } x_k \end{cases}$$

Dès lors, chaque individu peut se trouver en situation de prise de décision dans l'une des quatre structures d'information suivantes :

⁵⁴ Dont l'étude n'est pas menée par les auteurs : « elle nous mènerait en effet vers l'économie de la division du travail et les avantages et inconvénients de la spécialisation de chaque tâche » (pp. 126-128). Cela constitue le programme de recherche mené d'abord par Radner (1993), Bolton & Dewatripont (1994) et prolongé par Radner (1997) et Van Zandt (1999).

- [00] : il n'observe ni x_1 , ni x_2
 [10] : il observe x_1 mais pas x_2
 [01] : il n'observe pas x_1 mais il observe x_2
 [11] : il observe x_1 et x_2

Sous l'hypothèse de co-spécialisation, on élimine les paires pour lesquelles au moins un des deux agents observe le signal dont il n'est pas spécialiste (notées E dans le tableau ci-dessous), c'est-à-dire les cas où l'agent 1 observe x_2 mais pas l'agent 2, l'agent 2 observe x_1 mais pas l'agent 1.

		Agent 1			
		[00]	[10]	[01]	[11]
Agent 2	[00]			E	E
	[01]				
	[10]	E		E	E
	[11]	E		E	

Soit CT le coût total d'observation et de communication. On suppose égal le coût d'observation dans tous les cas, $c_{ii} = c$ (si l'état n'est pas observé, $c_{ii} = 0$), et on définit c_1 le coût de communication unilatéral et $c_2 = 2c_1$ le coût de communication bilatéral.

L'étape suivante consiste à étudier les paires $\{\eta_1, \eta_2\}$ correspondant aux différentes combinaisons possibles de structures d'information (sous l'hypothèse de co-spécialisation) et on obtient pour les différentes combinaisons de structure d'information le tableau suivant :

$\{\eta_1, \eta_2\}$	CT	Sens de la communication
$\{[00], [00]\}$	0	
$\{[00], [01]\}$	c	
$\{[10], [00]\}$	c	
$\{[10], [01]\}$	2c	
$\{[10], [10]\}$	$c + c_1$	1 vers 2
$\{[10], [11]\}$	$2c + c_1$	1 vers 2
$\{[01], [01]\}$	$c + c_1$	2 vers 1
$\{[11], [01]\}$	$2c + c_1$	2 vers 1
$\{[11], [11]\}$	$2c + 2c_1$	1 vers 2 et 2 vers 1

Par hypothèse, la communication va du spécialiste vers le non-spécialiste et un agent qui observe les deux signaux est considéré comme un spécialiste qui a été informé par l'autre agent de la valeur du signal supplémentaire. C'est le cas de figure représenté notamment dans la dernière ligne du tableau.

Finalement, la théorie des équipes traite du calcul d'un ensemble de règles de décision telles que l'organisation dans son ensemble maximise son gain espéré. Marschak & Radner sont parmi les premiers auteurs à avoir abordé de front le coût et la valeur⁵⁵ de l'information, même si le premier est exogène au modèle et la seconde déterminée largement par une structure d'information donnée. Par ailleurs, cette théorie est l'archétype de la firme processeur d'information qui propose une vision très mécanique de la prise de décision, notamment parce que ses membres jouent parfaitement le jeu de l'organisation. L'organisation est ici vide de toute tricherie, de mensonge, de toute stratégie individuelle qui pourrait s'effectuer aux dépens de l'intérêt collectif (Gibbons, 2003). Une des applications les plus fameuses du cadre original fixé par Marschak & Radner (1972) est le développement de Sah & Stiglitz (1986) sur la distinction entre deux types de configurations organisationnelles.

2.1.2/ Hiérarchies *versus* polyarchies

Leur objectif est d'appréhender la relation entre la performance d'un système économique et certains aspects de sa structure, qui font référence à son « architecture », qui décrit la manière dont les unités de prise de décision sont « arrangées ensemble dans un système », c'est-à-dire la manière dont la capacité et l'autorité de la prise de décision sont distribuées au sein du système, qui collecte quelle information et qui communique quoi à qui. Ils étudient spécifiquement deux types d'architecture qui sont la hiérarchie et la polyarchie⁵⁶ à partir d'un

⁵⁵ Le problème de la valeur de l'information est récurrent et a donné lieu à de nombreux débats, dont celui entre Lea (1973) et Mock (1973) ou encore la discussion plus théorique de Radner & Stiglitz (1984) par Chade & Schlee (2002). Dans le cadre de la théorie de la décision, depuis l'ouvrage édité par Mc Guire & Radner (1972), assez peu d'auteurs ont traité spécifiquement de ce problème, parmi lesquels Samson et al. (1989), Gilboa & Lehrer (1991), Sulganik & Zilcha (1997), et Eckwert & Zilcha (2003). Une synthèse a par ailleurs été réalisée par Lawrence (1999).

⁵⁶ La polyarchie est un système dans lequel il y a plusieurs décideurs (éventuellement en concurrence) pouvant soutenir des idées ou des projets indépendamment les uns des autres. Cette structure est représentative d'une économie « orientée vers le marché ». La hiérarchie est un système dans lequel l'autorité de prise de décision est plus concentrée : seuls quelques individus peuvent soutenir des projets avec le soutien (logistique) des autres. Cette structure est quant à elle plutôt représentative d'une économie « orientée vers la bureaucratie » (Sah & Stiglitz, 1986, p. 716).

critère de performance qui est la qualité de la prise de décision, orientée vers la sélection de nouveaux projets.

Le raisonnement est mené dans un contexte de rationalité limitée, c'est-à-dire que les agents économiques sont supposés avoir une capacité limitée à recueillir, absorber et traiter l'information dans un laps de temps donné. Cela implique que la procédure de tri des projets (entre les bons et les mauvais)⁵⁷ est imparfaite et qu'elle va dépendre de l'architecture du système qui va déterminer les conditions sous lesquelles un projet est sélectionné. L'architecture du système va donc impacter l'output.

2.1.2.1/ Description du processus de décision

La tâche des individus au sein de l'organisation est d'évaluer les projets. La communication entre agents ne se fait que sur la base du jugement de l'évaluateur qui est « bon » ou « mauvais » au regard du projet considéré. En d'autres termes, la communication consiste à annoncer si le projet doit être accepté ou refusé.

- a) La polyarchie est constituée de deux firmes qui évaluent le projet séparément. On peut par exemple imaginer que les projets arrivent de manière aléatoire (avec une probabilité de réalisation égale à 1/2) dans l'une ou l'autre des deux firmes. Si un projet est accepté par la première firme, il n'est plus disponible pour la seconde, s'il est rejeté dans la première, il est transmis dans la seconde. Aucune firme ne peut évaluer un projet deux fois, si bien qu'il n'y a pas de mouvement de va-et-vient entre firmes.

Le portefeuille de projets ainsi sélectionné dans une polyarchie consiste donc dans les projets acceptés séparément par l'une des deux firmes. La première firme accepte le projet avec une probabilité $p(x)$ et le rejette avec une probabilité $(1 - p(x))$. Dans ce dernier cas, la seconde firme l'accepte avec la probabilité $p(x)$ si bien que la probabilité totale qu'un projet soit accepté est $p(x) + (1 - p(x))p(x) = p(x)[2 - p(x)]$.

- b) La hiérarchie est constituée de deux bureaux. Tous les projets sont d'abord examinés dans le bureau le plus bas (dans la hiérarchie) et ceux qui sont acceptés sont transmis dans le

⁵⁷ Parmi les autres hypothèses du modèle, notons que chaque projet a un gain net x qui est positif ou négatif, il n'y a pas d'externalité entre projets, il n'y a pas de restriction quant au nombre de projets qui peuvent être soutenus.

bureau plus élevé, les autres étant écartés. Les projets finalement sélectionnés sont ceux qui l'ont été par le bureau le plus élevé.

Le premier bureau accepte le projet avec une probabilité $p(x)$ et le rejette avec une probabilité $(1 - p(x))$. Dans le premier cas, la probabilité que le second bureau l'accepte est $p(x)$ si bien que la probabilité totale qu'un projet soit accepté est $p(x)p(x) = [p(x)]^2$. Dans le second cas, le projet n'est pas transmis au second bureau pour évaluation.

Finalement, « par analogie avec la conception des circuits électriques, les évaluateurs sont placés en série dans une hiérarchie alors qu'ils sont placés en parallèle dans une polyarchie. »⁵⁸

2.1.2.2/ Comparaison des deux structures

Les auteurs font d'abord un certain nombre de propositions relatives aux caractéristiques statistiques des deux systèmes avec comme résultat important le fait qu'une polyarchie sélectionne une proportion plus grande des projets disponibles qu'une hiérarchie. Cela a pour conséquence le fait que le risque de première espèce (la probabilité de rejeter à tort le bon projet) est prédominant pour les hiérarchies alors que dans les polyarchies, c'est le risque de deuxième espèce, c'est-à-dire la probabilité d'accepter à tort les mauvais projets.

Ils comparent ensuite les niveaux de profit respectifs dans le cas où chaque structure doit évaluer deux projets. Ce cas simple est retenu dans la mesure où il permet de caractériser complètement les conditions sous lesquelles l'output attendu dans une hiérarchie est supérieur à celui qui serait obtenu dans une polyarchie.

Le portefeuille initial est caractérisé par trois éléments qui sont a) le rendement des bons projets $z_1 > 0$, b) le rendement des mauvais projets $-z_2 < 0$ et c) la proportion de bons projets notée α .

La fonction de sélection est quant à elle caractérisée par deux probabilités qui sont a) la probabilité qu'un bon projet soit accepté $p_1 = p(z_1)$, b) la probabilité qu'un mauvais projet soit accepté $p_2 = p(-z_2)$.

⁵⁸ Sah & Stiglitz (1986, p. 718).

Soit Y^P l'output de la polyarchie. On a vu plus haut que la probabilité de choisir un projet x est $p(x)[2-p(x)]$, or il existe deux types de projets, les bons (en proportion α) et les mauvais (en proportion $(1-\alpha)$). L'output de la polyarchie est donc égal à :

$$\begin{aligned} Y^P &= E[xf^P] = E[xp^P(2 - p^P)] \\ &= \alpha z_1 p_1 (2 - p_1) + (1 - \alpha)(-z_2)p_2(2 - p_2) \\ \Leftrightarrow Y^P &= \alpha z_1 p_1 (2 - p_1) - (1 - \alpha)z_2 p_2 (2 - p_2) \end{aligned} \quad (9)$$

Soit Y^H l'output de la hiérarchie. On a vu plus haut que la probabilité de choisir un projet x est $[p(x)]^2$:

$$\begin{aligned} Y^H &= E[xf^H] = E[x(p^H)^2] \\ &= \alpha z_1 (p_1)^2 + (1 - \alpha)(-z_2)(p_2)^2 \\ \Leftrightarrow Y^H &= \alpha z_1 (p_1)^2 - (1 - \alpha)z_2 (p_2)^2 \end{aligned} \quad (10)$$

Finalement la différence entre le profit de la polyarchie et celui de la hiérarchie donne :

$$\begin{aligned} \Delta Y &= Y^P - Y^H \\ &= z_1 \alpha p_1 (2 - p_1) - z_2 (1 - \alpha) p_2 (2 - p_2) - z_1 \alpha p_1^2 + z_2 (1 - \alpha) p_2^2 \\ &= 2z_1 \alpha p_1 - z_1 \alpha p_1^2 - 2z_2 (1 - \alpha) p_2 + z_2 (1 - \alpha) p_2^2 - z_1 \alpha p_1^2 + z_2 (1 - \alpha) p_2^2 \\ &= 2z_1 \alpha p_1 - 2z_1 \alpha p_1^2 - 2z_2 (1 - \alpha) p_2 + 2z_2 (1 - \alpha) p_2^2 \\ \Leftrightarrow \Delta Y &= 2z_1 \alpha p_1 (1 - p_1) - 2z_2 (1 - \alpha) p_2 (1 - p_2) \end{aligned} \quad (11)$$

Soit $a = \frac{z_1 \alpha}{z_2 (1 - \alpha)}$ un indicateur de la « qualité du portefeuille initial ». On peut faire

apparaître cet indicateur dans la formule ci-dessus⁵⁹ et il vient :

$$\begin{aligned} \Delta Y &= Y^P - Y^H \\ &= a 2z_2 (1 - \alpha) p_1 (1 - p_1) - 2z_2 (1 - \alpha) p_2 (1 - p_2) \\ \Leftrightarrow \Delta Y &= 2z_2 (1 - \alpha) [a p_1 (1 - p_1) - p_2 (1 - p_2)] \end{aligned} \quad (12)$$

⁵⁹ En remarquant juste que :

$$2z_1 \alpha p_1 (1 - p_1) = \left[\frac{z_1 \alpha}{z_2 (1 - \alpha)} \right] 2z_2 (1 - \alpha) p_1 (1 - p_1) = a 2z_2 (1 - \alpha) p_1 (1 - p_1) .$$

Une amélioration de la qualité du portefeuille initial (une augmentation de a) va venir réduire la performance relative de la polyarchie comparativement à la hiérarchie : l'avantage relatif de la hiérarchie est ainsi dans sa capacité (relativement) supérieure à rejeter les mauvais projets alors que celui de la polyarchie réside dans sa capacité supérieure à accepter les bons projets. Si le portefeuille initial s'améliore, cela se fait à l'avantage de la polyarchie. Si au contraire il décline en qualité, c'est la hiérarchie qui en tire avantage en termes de performance.

Gibbons (2003, pp. 761-763) propose une interprétation de ce modèle en termes de théorie des équipes en considérant la hiérarchie et la polyarchie comme formes organisationnelles représentatives de la prise de décision dans une firme. Les unités décisionnelles rendent compte à un « centre » à partir de l'observation de signaux sur la qualité des projets et supportent un coût d'acceptation des projets. Le choix de la forme organisationnelle optimale va dépendre uniquement des pertes associées aux deux types d'erreurs identifiés par Sah & Stiglitz : dans le cas où la perte engendrée par l'acceptation d'un mauvais projet est forte, la structure hiérarchique est préférable à la structure polyarchique, dans le cas où la perte consécutive à l'éviction d'un bon projet est grande, c'est l'inverse.

Par ailleurs, même si l'information reçue par les décideurs est exogène, il y a quand même transmission d'information dans la structure : « l'architecture du système économique charrie lui-même de l'information à ses composantes, qui l'utilisent pour prendre des décisions. Dans l'analyse de la polyarchie par exemple, dans laquelle les firmes ne partagent pas d'information les unes avec les autres, chaque firme sait que quelques-uns des projets qu'elle reçoit sont ceux ayant été rejeté par l'autre et par conséquent le portefeuille de projets auquel une firme fait face n'est pas une réplique exacte du portefeuille initial mais a été modifié par l'autre firme. Cette information implicite est partiellement utilisée pour déterminer les niveaux de réservation optimaux »⁶⁰, c'est-à-dire les seuils minimum de profit attendus qui déclenchent l'acceptation d'un projet lorsque les décideurs observent un signal sur la qualité du projet. Cette transmission d'information a pour conséquence le fait que la polyarchie va avoir un niveau de réservation supérieur à celui de la hiérarchie.

⁶⁰ Sah & Stiglitz (1986, p. 725).

Cependant, les processus de collecte, communication et traitement de l'information et leurs coûts éventuels⁶¹ ne sont pas pris en compte explicitement dans le modèle de Sah & Stiglitz. De plus, aucune règle optimale pour l'organisateur de la structure (au sens de Marschak & Radner) n'est déduite des règles de décision individuelles (accepter ou rejeter le projet qui est analysé), sachant l'information et les actions réalisables de chaque membre de la structure. Cette tentative d'utilisation des fondamentaux de la théorie des équipes pour comparer différents types de configuration structurale va être complétée dans un autre champ par des travaux portant sur les conditions d'efficacité des hiérarchies.

2.1.3/ L'étude des structures décentralisées efficaces : le focus sur la hiérarchie

Depuis le début des années 1990, notamment sous l'impulsion de Radner (1992, 1993, 1997) et Van Zandt (1995, 1999), des travaux se sont développés sur le traitement décentralisé de l'information. Ils sont fondés sur des modèles dans lesquels différents agents observent des informations hétérogènes et communiquent des sous-ensembles de cette information par voie hiérarchique jusqu'à un agent unique qui prend les décisions. Il s'agit d'étudier plus précisément quelles sont les structures optimales en termes de délais et de montrer en quoi les structures hiérarchiques sont efficaces dans la décentralisation des activités de traitement de l'information.

2.1.3.1/ Les travaux fondateurs sur les hiérarchies pyramidales

Dans leurs travaux concernant les structures hiérarchiques pyramidales, Keren & Levhari (1979, 1983) ont examiné la relation entre le nombre optimal d'agents, le nombre optimal de niveaux et le montant d'information à traiter dans le cas où les agents de même niveau hiérarchique traitent et communiquent le même niveau d'information.

Soit une organisation qui veut traiter N informations et communiquer les résultats du processus à un décideur avec un délai minimum. A chaque moment les agents traitent des informations ou communiquent des résultats (ils ne peuvent pas faire les deux en même temps), ce qui correspond à une hypothèse de division des tâches. Pendant la phase de communication, le transmetteur utilise une unité de temps et le receveur également. On

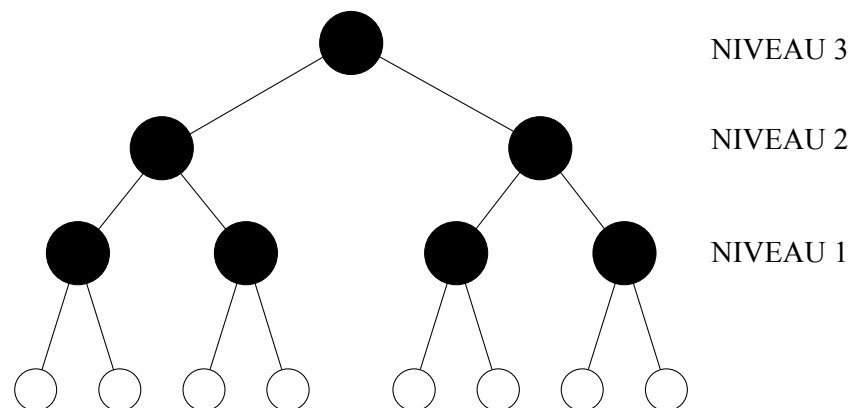
⁶¹ Bolton & Dewatripont (1994, p. 812) comme Sah & Stiglitz (1986) supposent « implicitement » que l'information est coûteuse.

suppose enfin que les agents au même niveau hiérarchique effectuent le même nombre d'activités, ce qui correspond à la définition de la hiérarchie pyramidale dans laquelle à chaque niveau, les agents ont le même nombre de subordonnés (Bolton & Dewatripont, 1994, p. 812).

Si le décideur évalue seul tous les projets, il va y consacrer N unités de temps. S'il emploie deux agents qui évaluent chacun la moitié des projets, cela prendra $N/2$ unités pour traiter l'information plus 2 unités pour la transmettre. Le temps de la prise de décision est alors ramené à $N/2 + 2$ unités de temps (une pour les émetteurs qui sont en parallèle, une pour le récepteur) avec $N/2 + 2 < N$ s'il y a plus de 3 projets.

Le traitement parallèle, consistant pour le décideur à embaucher des agents qui vont traiter simultanément l'information, peut ainsi réduire le temps nécessaire à l'évaluation des projets quand bien même on doit y ajouter le temps de communication. La réduction des délais de temps avant la prise de décision fournit donc une raison d'adopter une forme organisationnelle hiérarchique avec traitement parallèle des informations.

Borland et Eichberger (1998) donnent un exemple d'une structure pyramidale où il faut traiter 8 informations⁶² avec 3 niveaux hiérarchiques et deux activités (projets) gérées par agent. Cette structure est représentée ci-dessous :



Les cercles pleins correspondent aux agents et les cercles vides correspondent aux unités d'information.

⁶² On peut également les nommer « projets » si l'on garde le même type de contexte que celui du modèle de Sah & Stiglitz présenté plus haut.

L'objectif est donc de traiter et de communiquer l'information au décideur de niveau 3.

Au premier niveau, le traitement prend 2 périodes, la communication au niveau 2 encore deux périodes et la communication au niveau 3 également 2 périodes : finalement, il faut 6 périodes pour faire remonter l'information traitée au décideur.

Si l'on considère la structure pyramidale donnée, il est intéressant de savoir quel est le nombre optimal de niveaux hiérarchiques pour traiter N projets et informer le décideur. En général, si chaque agent dépense x unités de temps pour communiquer ou traiter x informations, dans la mesure où les agents de même niveau travaillent en parallèle, le temps total pour traiter et communiquer les informations est $T = xy = (N^{1/2})y$, avec y le nombre de niveaux hiérarchiques⁶³.

Pour un nombre donné d'informations à traiter, il y a un arbitrage entre le nombre de niveaux hiérarchiques et le nombre d'activités par agent et différentes combinaisons (x,y) sont possibles : plus le nombre d'agents à chaque niveau est grand, moins on a besoin de niveaux hiérarchiques et inversement.

Le problème de l'organisation est alors de minimiser T ce qui aboutit à $y^* = \ln(N)$, $x^* = e$, donc $T^* = e \ln(N)$ ⁶⁴.

Cela montre qu'il y a de forts rendements croissants (en termes de temps de traitement) associés aux organisations hiérarchiques : le temps minimal de traitement dans ce type d'organisation augmente mais à un taux décroissant.

Une autre manière de procéder consiste à considérer non pas la minimisation du temps mais la minimisation des coûts de la ressource.

Le nombre total d'agents actifs dans une hiérarchie avec y niveaux et où les agents effectuent x activités est égale à la somme des agents à chaque niveau, ce qui revient à écrire⁶⁵ :

$$M(x,y) = 1 + x + x^2 + \dots + x^{y-1} = (x^y - 1)/(x - 1)$$

$$\Leftrightarrow M(x,y(N,x)) = (N - 1)/(x - 1)$$

⁶³ Dans une structure pyramidale à y niveaux, le nombre de tâches à effectuer pour tous les agents est le même et comme ils travaillent en parallèle on a $x^y = N \Leftrightarrow x = N^{1/y}$.

⁶⁴ Cf. annexe 3 pour la démonstration de ce résultat.

⁶⁵ A partir de $N = x^y \Leftrightarrow y(N,x) = \ln(N)/\ln(x)$.

Dans le cas d'un coût constant par agent (un salaire fixé), on minimise cette expression en rendant x aussi grand que possible et dans le cas où $x = N$, le coût est minimum. Si l'on introduit en plus des coûts supplémentaires associés à l'augmentation des tâches traitées par un agent (ce qui revient à supposer que l'augmentation des tâches nuit à la qualité des tâches traitées), on peut en tirer une autre structure optimale. Ainsi, dans le cas d'un coût marginal constant c (pour l'augmentation du nombre de tâches) et d'un salaire w pour chaque agent, le coût total pour l'organisation est égal à :

$$C(x) = cx + w(N - 1)/(x - 1)$$

La minimisation de cette expression donne $c = w(N - 1)/(x - 1)^2$ d'où

$$x^* = 1 + [w(N - 1)/c]^{1/2}$$

$$y^* = \ln(N)/\ln(x)$$

avec (x^*, y^*) la nouvelle structure optimale associée aux hypothèses précédentes. Dans ce type de modèle, le nombre d'agents est donc déterminé de manière endogène par la minimisation du coût. Dans les modèles de Radner, le nombre d'agents est exogène, par contre la structure est endogène

2.1.3.2/ Le processus de réduction des hiérarchies équilibrées

a) Hypothèses du modèle

Radner (1993) prolonge de manière plus formelle son article de 1992 introduisant « l'économie du management » en le définissant comme un article « aux frontières de la science économique et de l'informatique qui sont deux disciplines naturellement concernées par les problèmes de traitement d'information »⁶⁶. Il s'agit également pour lui de montrer en quoi les structures hiérarchiques sont efficaces dans la décentralisation des activités de traitement de l'information. Ayant identifié les différentes dimensions coûteuses du traitement d'information⁶⁷, il formule deux hypothèses fortes :

⁶⁶ Radner (1993, p. 1109).

⁶⁷ Radner (1993, p. 1111) : « Divers aspects du traitement de l'information sont coûteux et doivent donc être économisés : l'observation des données sur l'environnement, les capacités et nombre de processeurs individuels, le réseau de communication qui transmet et aiguille les données (à la fois initiales et partiellement traitées) parmi les processeurs, et le délai entre l'observation des données et la mise en œuvre des décisions. Le dernier aspect (délai) est coûteux dans la mesure où les décisions différées sont obsolètes ».

- le coût de communication est supposé nul : si cela n'était pas le cas, il n'y aurait pas de problème de surcharge d'information
- les données sur l'environnement sont exogènes

Partant de là, il va représenter le traitement décentralisé de l'information comme un réseau (programmé) de processeurs individuels, une hiérarchie de processeurs étant définie par lui au sens large comme « un arbre inversé dans lequel les processeurs sont partitionnés en niveaux. Il y a un seul processeur en haut de la hiérarchie et chaque processeur (à l'exception de celui qui est tout en haut) rend compte à un seul processeur qui est situé directement au dessus de lui. »⁶⁸ Les données sur l'environnement entrent dans la hiérarchie en bas de la pyramide, différents processeurs du premier niveau recevant des données à propos de différentes variables. Les données sont traitées à des niveaux successifs, la décision étant prise tout en haut de la hiérarchie. Chaque processeur ne peut traiter qu'un nombre maximum de données par unité de temps.

Dans ce contexte, un réseau est dit « efficace » si, sachant N et T (avec N le nombre de données arrivant pour être traitées chaque T unité de temps), il n'est pas possible de réduire le délai de traitement C sans augmenter le nombre de processeurs.

b) Réseau et hiérarchie en mode unique (« one-shot mode »)

Le problème est celui-ci : sachant un nombre de processeurs P , il faut construire un réseau programmé (le programme définissant la répartition des données vers chaque processeur, les temps de communication et le produit final) pour ajouter les N données avec un délai minimum c'est-à-dire en un nombre de cycles (unités de temps) minimum.

Radner définit une hiérarchie qui est simplement un « arbre »⁶⁹ ordonné (rangé). Il précise également que les hiérarchies ainsi définies et représentées par des arbres « ressemblent à des

⁶⁸ Radner (1993, p. 1112).

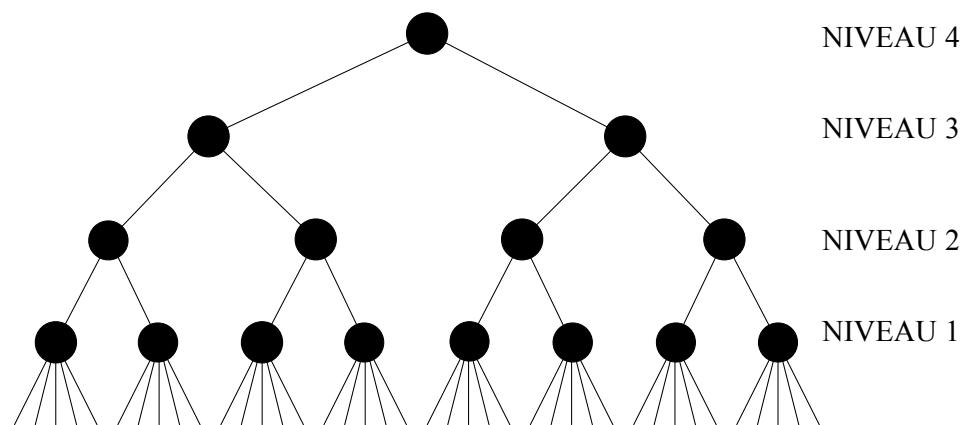
⁶⁹ Selon Radner (1993, p. 1115), un arbre est défini comme « une collection d'objets reliés par une relation » qui est ici 'supérieur à', cette relation ayant les propriétés suivantes :

- transitivité ;
- antisymétrie : si A est supérieur à B alors B n'est pas supérieur à A (B est subordonné à A) ;
- il y a exactement un objet, la racine, qui est supérieur à tous les autres objets.

A est dit « supérieur immédiat à B » s'il n'y a pas d'objet entre A et B dans la relation. Cette définition amène la quatrième propriété requise pour un arbre : excepté pour la racine, chaque objet a exactement un supérieur immédiat. Enfin, « l'ordonnement » d'un arbre consiste à assigner à chaque objet un nombre ou un rang tel que : si A est supérieur à B , alors il a un rang plus élevé, si A et B ont le même rang, ils ne sont pas comparables c'est-à-dire que A n'est pas plus supérieur à B que B n'est supérieur à A .

organigrammes d'organisation ». Si on les interprète comme cela, la relation « supérieur à » est simplement la relation d'autorité formelle existant dans une organisation. Cependant il précise également que « les réseaux efficaces pour le traitement de l'information ne coïncident pas nécessairement avec les hiérarchies de l'autorité ».

Le principe de sa programmation peut être résumé à partir du réseau hiérarchique à 15 processeurs, organisés sur 4 niveaux (rangs), traitant au total 40 données. Ce réseau est représenté sur le graphique suivant tiré de Radner (1993, p. 1116).



Les liens joignant les processeurs doivent être compris comme pointant vers le haut si bien que chaque processeur est le supérieur immédiat d'un autre s'il y a un lien direct pointant du second vers le premier.

En utilisant une méthode similaire à celle utilisée plus haut, exception faite des coûts de communication qui sont supposés nuls, il faut donc⁷⁰ :

- $5X1 = 5$ unités de temps c'est-à-dire 5 cycles à chaque processeur de niveau 1 pour enregistrer ses données et transmettre sa somme partielle,
- $2X1 = 2$ cycles à chaque processeur de niveau 2 pour enregistrer ses données et transmettre sa somme partielle,
- $2X1 = 2$ cycles à chaque processeur de niveau 3 pour enregistrer ses données et transmettre sa somme partielle,

⁷⁰ Radner (1993, p. 1117) précise le fonctionnement de son programme : « Les 40 données sont initialement assignées équitablement aux processeurs du niveau le plus faible (rang 1). C'est indiqué sur la figure par les 5 lignes qui vont chacune dans chacun des 8 processeurs de rang le plus faible. Le calcul commence avec chacun des processeurs du premier niveau qui ajoute ses données sur son registre. A la fin du 5^{ème} cycle chaque processeur de premier niveau envoie sa somme partielle vers son supérieur immédiat au second niveau. Chaque processeur de second niveau ajoute ses données (5+5) en deux cycles et transmet sa somme partielle à son supérieur immédiat de 3^{ème} niveau etc... ».

- $2 \times 1 = 2$ cycles au processeur unique de niveau 4 pour enregistrer ses données et calculer la somme totale

Le total est de 11 cycles donc on peut dire que la racine (processeur du 4^{ème} niveau) calcule le total des 40 données avec un délai de 11 (le nombre de cycles).

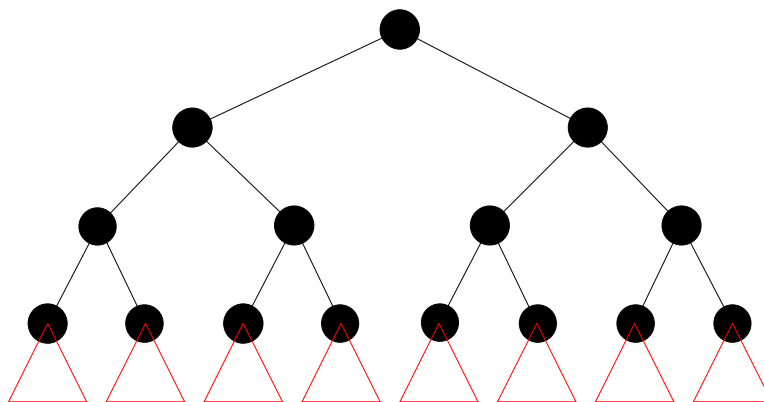
La recherche de la structure efficiente est un problème d'arbitrage entre le délai et le nombre de processeurs, qui correspond à un arbitrage entre un traitement en série ou en parallèle déjà évoqué par Sah & Stiglitz (1986). Il va alors montrer qu'il est possible, à partir de la structure représentée plus haut, de réduire à la fois le nombre total de processeurs et le délai.

c) La réduction d'une hiérarchie équilibrée

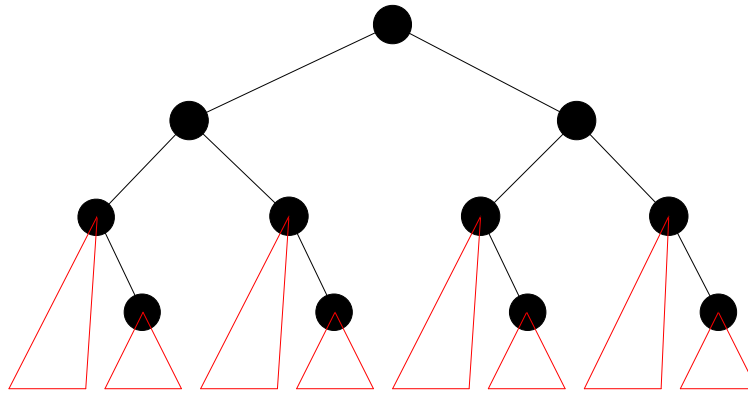
Il s'intéresse à un type de hiérarchie particulier appelée « hiérarchie équilibrée » qui a pour caractéristiques le fait que :

- tous les subordonnés immédiats de chaque processeur sont au niveau inférieur suivant ;
- à chaque niveau au-dessus du premier, tous les membres du même niveau ont le même nombre de subordonnés immédiats.

Cette réduction est menée par étapes qui va augmenter progressivement le nombre de tâches effectuées simultanément, par opposition au mode de traitement de la structure initiale qui est séquentiel (un agent de rang supérieur ne peut traiter lui-même les informations ascendantes qu'une fois qu'elles ont été traitées au niveau inférieur). Si on remplace les 5 données du graphique précédent par un triangle la figure devient :



Etape 1 : on élimine un membre de chaque cadre⁷¹ au niveau 1 et on transmet les données qu'il devait normalement traiter à son supérieur immédiat correspondant.



Quatre processeurs ont donc été éliminés à l'étape 1, ramenant le nombre total de processeurs à 11.

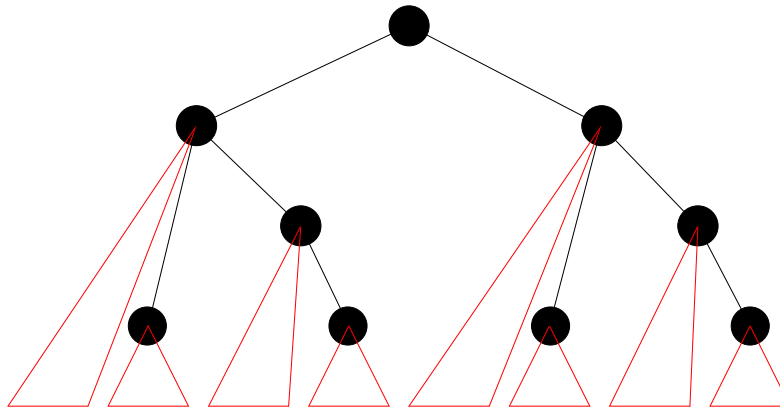
Si on s'intéresse maintenant au nombre de cycles, au total, il faut donc :

- $5X1 = 5$ cycles à chaque processeur de niveau 1 et de niveau 2 pour enregistrer son paquet de 5 données et transmettre sa somme partielle,
- $1X1 = 1$ cycle supplémentaire à chaque processeur de niveau 2 pour enregistrer les données provenant de son subordonné et transmettre sa somme partielle,
- $2X1 = 2$ cycles à chaque processeur de niveau 3 pour enregistrer ses données et transmettre sa somme partielle,
- $2X1 = 2$ cycles au processeur unique de niveau 4 pour enregistrer ses données et calculer la somme totale,

soit 12 cycles.

Etape 2 : on élimine un membre de chaque cadre au niveau 2 et on transmet les exemplaires qu'il devait normalement traiter à son supérieur immédiat correspondant.

⁷¹ Le cadre étant défini par « l'ensemble de tous les subordonnés immédiats » d'un même processeur (Radner, 1993, p. 1119).



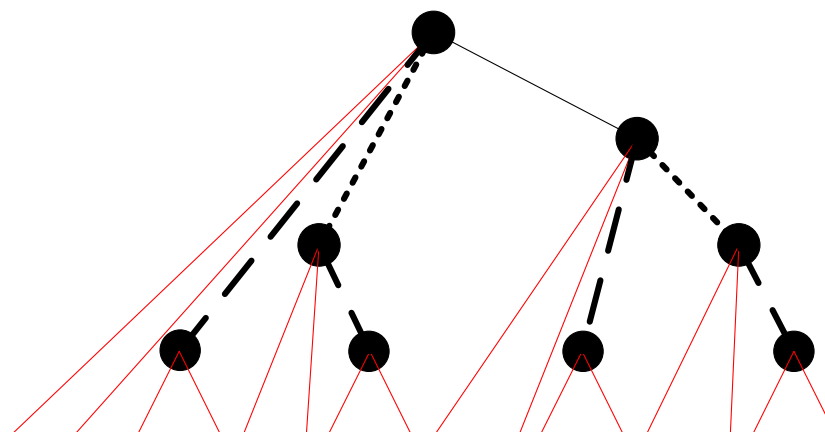
Deux processeurs ont donc été éliminés à l'étape 2, ramenant le nombre total de processeurs à 9.

Si on s'intéresse maintenant au nombre de cycles, au total, il faut donc :

- $5 \times 1 = 5$ cycles à chaque processeur de niveau 1, de niveau 2 et de niveau 3 pour enregistrer ses 5 données et transmettre sa somme partielle,
- $1 \times 1 = 1$ cycle supplémentaire à chaque processeur de niveau 2 pour enregistrer les données de son subordonné et transmettre sa somme partielle,
- $2 \times 1 = 2$ cycles supplémentaires à chaque processeur de niveau 3 pour enregistrer les données de ses subordonnés et transmettre sa somme partielle,
- $2 \times 1 = 2$ cycles au processeur unique de niveau 4 pour enregistrer ses données et calculer la somme totale,

soit 10 cycles.

Etape 3 : on élimine un membre du cadre au niveau 3 et on transmet les exemplaires qu'il devait normalement traiter à son supérieur immédiat correspondant.



Un processeur est donc été éliminé à l'étape 3, ramenant le nombre total de processeurs à 8.

Si on s'intéresse maintenant au nombre de cycles, au total, il faut donc :

- $5X1 = 5$ unités de temps c'est à dire 5 cycles à chaque processeur de chaque niveau pour enregistrer ses 5 données et transmettre sa somme partielle (excepté naturellement pour la racine qui est le récepteur final),
- $(1X1) = 1$ cycle supplémentaire à chaque processeur de niveau 2, au processeur de niveau 3 (en provenance de son subordonné de niveau 1) et au processeur de niveau 4 (en provenance de son subordonné de niveau 1) pour enregistrer les données de ses subordonnés et transmettre sa somme partielle (excepté pour la racine),
- $(2X1) = 1$ cycle supplémentaire à l'unique processeur du niveau 3 (en provenance du niveau 2) et à la racine (en provenance du niveau 1) pour enregistrer ses données et transmettre sa somme partielle,
- $(3X1) = 1$ cycle au processeur unique de niveau 4 pour enregistrer les données de son subordonné de niveau 3 et calculer la somme totale

soit 8 cycles.

Ainsi, il faut 5 cycles pour traiter et transmettre simultanément les données matérialisées sous forme de triangle sur le graphique, 1 cycle pour traiter ensuite les données matérialisées sous forme de tirets, 1 cycle supplémentaire pour traiter les données en pointillés et le cycle final de calcul par la racine. La structure de 15 processeurs traitant toutes les données en 11 cycles a été réduite de telle manière qu'elle est maintenant capable de traiter ces mêmes données avec seulement 8 processeurs en 8 cycles.

2.1.3.3/ Les extensions et raffinements du modèle

Un certain nombre d'extensions au modèle de base va considérer des environnements dynamiques dans lesquelles des « cohortes d'information » arrivent de manière séquentielle au cours du temps (Radner, 1993, 1997). Dans ce type d'environnement, c'est l'agent qui a à supporter la charge de travail la plus lourde qui va déterminer la vitesse à laquelle chaque cohorte d'information peut être traitée, avec pour conséquence le fait que les hiérarchies dans lesquelles la répartition des tâches est relativement uniforme tendront à dominer celles dans lesquelles cette répartition est plus inégale.

Bolton & Dewatripont (1994) vont quant à eux s'intéresser aux rendements de la spécialisation dans le traitement de l'information (c'est-à-dire à la réduction du coût de traitement lorsque les tâches sont répétitives) plutôt qu'à la réduction des délais. Leur modèle montre que trois grands principes⁷² déterminent la conception des réseaux de communications efficaces :

- pour un niveau de spécialisation donné, le réseau de communication efficace est tel que le nombre de liens de communication entre agents ne peut pas être réduit sans affecter la performance de l'organisation, mesurée par la fréquence à laquelle de nouvelles cohortes d'information sont traitées ;
- les agents arbitrent entre les incitations existantes pour se spécialiser et les coûts supplémentaires de communication que cela engendre : plus les agents sont spécialisés et plus le réseau de communication coordonnant les activités des agents est grand et complexe ;
- un réseau efficace est tel que le nombre moyen d'agents par lesquels une unité donnée d'information transite est minimisée.

Ils en tirent plusieurs implications sur la conception des réseaux de communication. D'une part, dans un réseau efficace, chaque agent a au plus un supérieur direct à qui il envoie l'information, d'autre part un agent ne va déléguer des tâches qu'au cas où il est surchargé. Ces deux premiers éléments établissent que « les réseaux efficaces sont les réseaux pyramidaux ». Ensuite, les agents sur les couches supérieures détiennent des rapports plus longs (dont la lecture prend plus de temps) et ont donc moins de subordonnés que les agents sur les couches inférieures. Enfin, un réseau efficace ressemble à une pyramide régulière quand il est efficace d'avoir des agents complètement spécialisés soit dans le traitement soit dans l'agrégation de l'information.

2.1.3.4/ Les limites de ces approches

On peut relever trois principales limites à ce type d'approches. Tout d'abord, elles tendent à considérer comme source de la rationalité limitée la rareté du temps disponible pour le traitement et la communication des informations. D'autres sources comme les limites au stockage de l'information, à la puissance de calcul ou à l'imprécision du langage pourraient y être ajoutées (Borland & Eichberger, 1998). Ensuite, les limites que l'on fixe aux individus

⁷² Bolton & Dewatripont (1994, p. 833).

dans l'acquisition et le traitement de l'information ne s'appliquent pas aux organisations elles-mêmes, supposées capables de résoudre des problèmes compliqués pour trouver la structure optimale. Enfin, ces travaux restent largement théoriques et n'ont pas encore donné lieu à des tests empiriques. Des progrès restent à faire pour examiner davantage les interactions possibles entre la rationalité limitée et les incitations dans ce type de modèles. En effet, les limites exogènes à la capacité des agents à acquérir et traiter l'information amènent les organisations à diviser les tâches d'acquisition et de traitement entre plusieurs agents et entraînent des asymétries informationnelles entre agents qui vont causer des problèmes d'incitation. Par ailleurs le degré de rationalité limitée des agents peut être partiellement déterminé par les incitations que fournit l'organisation pour ces tâches (Aghion & Tirole, 1997).

Finalement, on peut remarquer que la plupart des critiques associées à cette formalisation (son approche en termes de modélisation d'équilibre partiel statique et son peu d'intérêt pour la validation empirique) peuvent être liées aux origines de ce type d'approche qui trouve sa source dans la science informatique ou science du calcul⁷³, qui sera largement mobilisée par ailleurs dans les études plus « sociologiques » des organisations et de la prise de décision dans les organisations.

2.2/ Les modèles « sociologiques » de prise de décision

La théorie des équipes représente une organisation mécanique dans laquelle les membres calculent et exécutent des règles optimales de décision et de communication afin de maximiser l'efficacité organisationnelle. En d'autres termes, pour Gibbons (2003), elle use de la théorie statistique de la décision pour analyser la théorie bureaucratique weberienne. Le modèle de la corbeille à papiers (*garbage-can*) prend le contre-pied de cette représentation en essayant de repérer les tendances stochastiques de la prise de décision dans les organisations vues comme des « anarchies organisées ». ⁷⁴

⁷³ Cf. la citation de Radner p. 61.

⁷⁴ Gibbons (2003, pp. 765-767) voit d'ailleurs dans la comparaison de ces deux types de contribution aux antipodes l'une de l'autre « deux sources d'ironie » : d'une part, elles ont été publiées la même année, d'autre part leurs conclusions ont été bâties à partir de méthodologies proches, la théorie statistique de la décision d'un côté, la simulation par ordinateur de l'autre. Il tente par ailleurs de montrer que si les trois hypothèses de base du modèle de Cohen, March & Olsen ne sont pas incompatibles avec les modèles économiques standard, ces derniers ne sont pas en mesure de capturer « l'esprit » du modèle aussi bien que les modèles traditionnels de la théorie behavioriste des organisations (Cyert & March, 1963).

2.2.1/ Le modèle de la « corbeille à papiers » dans les anarchies organisées

2.2.1.1/ Les trois hypothèses fondamentales

Cohen, March et Olsen (1972)⁷⁵ définissent les anarchies organisées comme « des organisations caractérisées par des préférences incertaines, une technologie floue et une participation fluctuante » et précisent que ces trois caractéristiques se retrouvent dans tout type d'entreprise un moment donné de sa vie ou à un endroit particulier de sa structure. Cela confère selon les auteurs un grand degré de généralité à une théorie des anarchies organisées.

Les préférences incertaines font référence au manque de cohérence (au sens de la théorie des choix) des préférences en termes de prise de décision. L'organisation fonctionne sur la base de préférences mal définies et peu cohérentes entre elles si bien qu'elle ressemble davantage à un ensemble d'idées compilées. Une conséquence de cela est qu'elle va finalement découvrir ses préférences de manière empirique au fur et à mesure du processus de prise de décision, « elle découvre ses préférences à travers l'action plus qu'elle n'agit en fonction de ses préférences ».

La notion de « technologie floue » renvoie quant à elle à l'incompréhension, de la part de ses membres, des procédures par lesquelles l'organisation produit et survit. Encore une fois, l'organisation va dépasser cette contrainte en fonctionnant par essais-erreurs. Elle va chercher à mobiliser sa mémoire interne pour en retirer « les leçons des expériences passées » et à inventer de manière pragmatique des solutions pour des problèmes nouveaux « sous la pression de la nécessité ».

Enfin, la « participation fluctuante » renvoie à la distinction faite notamment par March & Simon (1958) entre la décision de participer à l'organisation et la décision de participer à ses différentes activités. Le choix de participer à l'organisation est essentiellement un choix binaire (oui/non) alors que le choix d'engagement dans les différentes activités va intégrer différents degrés dans l'engagement. Dans les anarchies organisées, les participants à l'organisation vont ainsi s'investir dans les différentes activités avec des combinaisons variables de temps et de travail. La conséquence de ce type d'attitude est que les frontières de

⁷⁵ La présentation qui en est faite ici provient de la réédition de l'article de 1972 dans March (1991, chapitre 7, pp. 163-204), dont nous adoptons la pagination.

l'organisation vont elles-mêmes fluctuer « en fonction des changements capricieux de décideurs et d'auditoires pour n'importe quel type de choix ».

2.2.1.2/ Le processus de prise de décision

Dans les anarchies organisées, chaque occasion de choix va être considérée comme une corbeille à papiers dans laquelle un ensemble de problèmes et de solutions sont jetés au fur et à mesure de leur apparition. Le processus de prise de décision va donc être le produit d'une interaction complexe de quatre flux organisationnels⁷⁶ représentés par la production de problèmes (concernant tous les aspects de la vie privée ou professionnelle des participants dans ou en dehors de l'organisation, le déploiement du personnel, l'élaboration de solutions aux problèmes et les occasions de choix). La notion centrale permettant d'articuler ces différentes composantes est la notion d'énergie :

- le flux de problèmes est composé d'un certain nombre de problèmes qui requièrent chacun un besoin d'énergie correspondant à l'énergie nécessaire pour résoudre le choix auquel correspond le problème ;
- les participants peuvent consacrer à chaque période de temps une quantité d'énergie potentielle pour la résolution des problèmes de l'organisation ;
- la solution d'un problème va nécessiter des quantités d'énergie différentes selon le moment où elle est conçue.

Les besoins en énergie (les demandes) et les quantités potentielles disponibles (les offres) sont supposés varier de manière aléatoire au cours du temps. A chaque période, un seul choix est associé à chaque participant et à chaque problème. Au cours du temps, les décideurs et les problèmes « tournent » sur l'éventail des choix de manière aléatoire. Un choix est fait lorsque la quantité d'énergie totale qui est allouée par le décideur excède le besoin en énergie requis par les problèmes correspondant à ce choix. C'est alors que le choix en question et les problèmes qui lui sont liés disparaissent de la corbeille à papiers.

Les décisions peuvent être prises selon trois méthodes⁷⁷ :

- par la résolution : cela concerne les situations où la quantité d'énergie nécessaire à la résolution de problèmes auxquels est (ou a été) associé un choix est suffisante ;

⁷⁶ Ces flux sont considérés comme exogènes au système, March (1991, p. 167).

⁷⁷ March (1991, pp. 177-178).

- par survol : cela concerne les choix rapides qui sont effectués, avec un minimum de temps et d'énergie de la part du décideur, avant que d'autres problèmes ne lui soient associés ;
- par glissement : si pendant un certain temps, un choix n'a pas été fait, parce les quantités d'énergie allouées par les décideurs aux problèmes liés à ce choix sont insuffisantes, lorsque ces derniers sont associés à un nouveau choix, ils ne sont pas résolus mais cela permet de prendre une décision. Cela consiste à valider un choix une fois que les problèmes qui y étaient associés ont migré sur un autre choix.

Les propriétés de la simulation effectuée par Cohen, March et Olsen⁷⁸ identifient notamment que :

- la méthode de décision par résolution de problèmes n'est pas la plus fréquemment employée par les décideurs, particulièrement dans les cas où l'énergie nécessaire pour résoudre les problèmes est forte. Cela signifie que, dans les anarchies organisées, un certain nombre de choix faits sont inefficaces au regard du critère de résolution ;
- les décideurs et les problèmes ont tendance à se suivre d'un choix à l'autre, et les décideurs ont tendance à être confrontés aux mêmes problèmes au cours du temps, si bien qu'ils « risquent d'avoir le sentiment qu'ils sont toujours en train de régler les mêmes problèmes dans des contextes quelque peu différents, la plupart du temps sans résultat »⁷⁹ ;
- les problèmes importants ont plus de chance d'être résolus que ceux qui le sont moins. De même pour les problèmes anciens par rapport aux problèmes nouveaux.

Ces propriétés semblent correspondre à certains aspects de la perception intuitive du fonctionnement réel des organisations mais exagèrent le niveau d'anarchie dans beaucoup de cas⁸⁰. Pour Gibbons (2003), l'intérêt du modèle de la corbeille à papiers est ailleurs⁸¹ : il

⁷⁸ March (1991, pp. 179-183). Au total, 8 propriétés majeures sont identifiées. Elles sont naturellement sensibles aux hypothèses sur la structure de l'organisation, notamment celles qui portent sur la charge nette d'énergie (différence entre l'énergie totale nécessaire à la résolution de tous les problèmes et l'énergie totale dans l'organisation) et la répartition de l'énergie, la structure d'accès (non segmenté, hiérarchisé et spécialisé) qui traite de la relation entre problèmes et choix) et la structure de décision (non segmentée, hiérarchisée et spécialisée) qui considère la relation entre décideur et choix.

⁷⁹ March (1991, p. 181).

⁸⁰ March (1991, p. 193): « Aucun système réel ne correspond totalement aux spécifications du modèle, mais la simulation révèle des comportements que l'on peut observer de temps en temps dans toutes les organisations et très souvent dans certaines, les universités ». C'est dans ce type de structure que les propriétés sont les mieux vérifiées.

fournit un contrepoids intéressant aux modèles qui représentent l'organisation par un décideur rationnel unique (la firme point de la théorie néo-classique et même la théorie des équipes) et l'individu comme un décideur rationnel.

Ces points sont d'ailleurs particulièrement soulignés lorsque l'on quitte l'analyse normative des organisations pour essayer d'en distinguer à partir de l'observation les traits saillants, notamment ceux qui sont relatifs au rôle de l'information.

2.2.2/ Vers plus de réalisme ? Le problème du statut de l'information

Pour Feldman & March (1981)⁸², l'étude de l'information dans les organisations implique « une dialectique » entre les économistes (les « théoriciens de l'information ») à la recherche de solutions (systèmes) optimales (aux) et ceux qui étudient le comportement des individus face à l'information (les sociologues principalement), et qui essaient de comprendre comment les individus gèrent en pratique l'information.⁸³

L'analyse des auteurs⁸⁴ veut montrer la difficulté qu'il y a à faire coïncider les pratiques observées face à l'information (les pratiques effectives) et les modèles qui définissent la valeur de l'information dans la prise de décision comme par exemple celui de Marschak & Radner (1972).

Dans la théorie de la décision, la valeur de l'information dépend de la pertinence des informations par rapport à la décision à prendre, ainsi que de leur précision, leur coût et leur fiabilité. Ainsi, « l'information a une valeur dans la mesure où elle peut influencer sur les choix. [...] Cette conception de la prise de décision débouche sur des conditions simples en matière d'utilisation de l'information »⁸⁵, synthétisées ci-dessous :

- la collecte et l'analyse des informations pertinentes se fait *ex ante* (avant la prise de décision).
- les informations disponibles sont examinées et les besoins sont déterminés avant toute nouvelle collecte.

⁸¹ Gibbons (2003, p. 768) soutient d'ailleurs qu'un modèle standard de décisions multi-agents (décideurs) bâti sur les mêmes hypothèses (les hypothèses relatives aux caractéristiques des anarchies organisées et à l'articulation décideurs/problèmes/choix) conduirait aux mêmes résultats.

⁸² De la même manière, nous avons travaillé ici sur le texte (traduit) reproduit dans March (1991, pp. 255-275).

⁸³ Lemoigne (1998) est dans la même logique.

⁸⁴ Elle « part d'observations courantes sur l'information dans les organisations » (March, 1991, p. 257). Il s'agit apparemment de sources tirées de trois études menées dans les années 1970 par des auteurs différents.

⁸⁵ March (1991, p. 257).

- les informations non pertinentes par rapport à une décision ne sont pas collectées.

Selon Feldman & March (1981) la réalité est différente et suggère d'une part qu'il n'y a pas de lien systématique entre la réception des informations et la prise de décision, d'autre part qu'il n'y a pas de relation cohérente entre ces informations et la décision prise.

Ils formulent alors six affirmations concernant la collecte et l'utilisation de l'information effectivement mises en œuvre dans les organisations :

- 1) la plupart des informations collectées et communiquées par les individus et les organisations sont peu pertinentes au regard des décisions à prendre ;
- 2) la plupart des informations utilisées pour justifier des décisions sont collectées ou interprétées *ex post* (c'est-à-dire après le processus ou en phase terminale de processus) ;
- 3) la plupart des informations collectées pour répondre à un besoin exprimé dans l'organisation ne sont pas intégrées dans la prise de décision ;
- 4) quel que soit le montant d'informations disponibles *ex ante*, on demande toujours davantage d'information ;
- 5) bien que toute l'information disponible ne soit pas utilisée, les membres de l'organisation se plaignent d'un manque d'information pour la prise de décision ;
- 6) la pertinence de l'information fournie par rapport à la décision prise est moins visible que l'insistance avec laquelle elle est collectée.

Ces six éléments prennent le contre-pied des hypothèses traditionnelles de la théorie de la décision. Pourquoi alors l'utilisation de l'information dans les organisations ne correspond-elle pas à ce qu'en dit la théorie de la décision ?

Six facteurs vont être mobilisés pour donner une réponse à cette interrogation. Les deux premiers ont trait aux limites humaines et organisationnelles qui vont influencer sur le traitement et la collecte :

- ces limites concernent le traitement de l'information disponible et ne permettent pas un traitement efficace de l'information ;

- cette information disponible n'est jamais la bonne dans la mesure où les limites en termes de capacités analytiques ou de coordination chez les décideurs les amène à collecter des informations inutilisables.

Les trois facteurs suivants expliquent le découplage entre information et décision par les caractéristiques de l'organisation interne ou par des comportements stratégiques de la part de ses membres :

- l'incitation à l'information : les organisations incitent leurs membres à collecter trop d'information, d'une part en séparant les fonctions de collecte et d'utilisation, d'autre part en évaluant la qualité des décisions (donc la pertinence des informations collectées) *a posteriori*. Dans ce cas en effet, le décideur aura intérêt à avoir des informations inutiles plutôt que de manquer d'informations qui auraient pu être utiles⁸⁶ ;
- la collecte d'information à des fins de veille plutôt que de décision : les organisations recueillent des « potins », c'est-à-dire qu'elles sondent leur environnement sans lien immédiat avec la prise de décision ;
- la déformation stratégique de l'information : la plupart des informations collectées et traitées dans les organisations sont sujettes à des déformations parce qu'elles « sont rassemblées et communiquées dans un contexte de conflit d'intérêts et avec la conscience de leurs conséquences possibles sur les décisions. Une information est souvent délivrée dans le but de persuader quelqu'un de faire quelque chose »⁸⁷. La déformation stratégique de l'information a pour effet de stimuler la surproduction d'information.

Feldman & March (1981) introduisent ici une dimension importante de l'information qui est sa relation au pouvoir : « Il est évident que l'information peut être un instrument de pouvoir. » Cela ne manque pas d'être assez étonnant lorsque l'on sait la position de March sur l'usage de cette terminologie⁸⁸.

⁸⁶ March (1991, p. 262) : « la dissymétrie de l'évaluation *a posteriori* débouche directement sur une incitation à collecter trop d'information ».

⁸⁷ March (1991, p. 263).

⁸⁸ Nous faisons ici référence à l'article de 1966 qui alimente le débat sur la validité opérationnelle du concept.

Le facteur le plus important est néanmoins pour eux le « lien entre le comportement de décision et le contexte normatif de ce comportement »⁸⁹, qui va amener les auteurs à définir l'information à la fois comme un symbole et un signal :

- un symbole : « quand il n'y a pas d'autre moyen fiable d'évaluer les connaissances d'un décideur, ce sont les aspects visibles de la collecte et du stockage d'information qui sont employés comme mesure de la qualité des informations qu'il possède et utilise ». Ainsi, les ressources consacrées aux différentes étapes de ce que l'on pourrait appeler le processus informationnel, en amont du processus de décision, sont des symboles de compétence du décideur. Cette valeur symbolique pousse finalement le décideur à collecter plus d'informations que ce que prescrit la théorie de la décision.
- un signal : la collecte et la demande d'informations sont un signal⁹⁰ de la légitimité de la décision prise, « parce que c'est le comportement considéré comme approprié en matière de prise de décision ». Le décideur va donc chercher à envoyer des signaux à ses collaborateurs mais l'usage symbolique de l'information va être limité par la concurrence pour la légitimité (à laquelle se livrent plusieurs décideurs dans la même organisation) et par les fluctuations des coûts d'envoi des signaux, qui sont en fait les coûts de communication de la consommation d'information.

Feldman & March suggèrent enfin que les comportements des organisations en matière d'information varient dans le temps dans la mesure où l'investissement d'une organisation dans l'information est susceptible d'être sensible à la fois à la variation des symboles qu'elle choisit (dont la valeur est déterminée socialement) et de ses possibilités d'émission de signaux.

Finalement, l'analyse du processus de décision dans les organisations permet d'identifier une rupture forte entre les travaux issus de la théorie statistique de la décision, héritiers du paradigme Von Neumann-Morgenstern-Savage et ceux des sociologues, quand bien même ceux-ci peuvent être considérés comme assimilés et mobilisés par les travaux du *mainstream*. Il nous faut cependant choisir pour la suite de notre travail une définition claire de la firme processeur d'information.

⁸⁹ March (1991, p. 264) pour cette citation et la suivante.

⁹⁰ Au sens de la théorie du signal (cf. Spence, 1973, et l'annexe 1), comme le précisent les auteurs.

Section 3 : Quelle définition pour la firme processeur d'information ?

Notre définition de la firme processeur d'information est menée en deux étapes. La première consiste à préciser la signification du mot « information » ; ce travail étant rarement effectué de manière explicite dans la littérature sur le sujet. La seconde vise à préciser les caractéristiques saillantes que nous associons au mot « firme ».

3.1/ Définition de l'information

La définition de l'information retenue dans la littérature économique est celle de la théorie statistique de la décision. Cette définition est pourtant très rarement explicitée dans la littérature, à quelques exceptions près. Marschak (1960, p. 81) définit ainsi l'information comme « l'ensemble des messages potentiels associés avec un instrument d'information (une source ou un canal) ». Dans un autre article il associe plus clairement l'information à la décision en précisant que cette dernière va être prise sur la base d'un message « qui est identique à la donnée produite par le renseignement ou l'expérience » (Marschak, 1968, p. 3). Dans cet esprit, Hirshleifer (1973) donne une définition plus précise de l'information⁹¹ : « l'information est l'ensemble des événements susceptibles de modifier les distributions de probabilité subjectives des individus quant aux états du monde possibles ». En ce sens, l'information est ce qui permet de réduire l'incertitude et donc d'améliorer la prise de décision.

Cette approche se distingue de celle de la Théorie Statistique de l'Information⁹² parce qu'elle définit l'information comme une variable qualitative et non quantitative. En effet, dans la théorie statistique de la décision, l'information n'est mesurée que par l'intermédiaire des effets qu'elle peut avoir sur les comportements⁹³.

Dans la mesure où notre objet d'étude n'est pas l'analyse de la décision individuelle mais bien l'étude de la firme processeur d'information, nous évacuons la dimension probabiliste associée à l'information dans la théorie de la décision. Dans le cadre de notre organisation, l'information échangée va être définie comme « l'ensemble des messages associés à un instrument d'information ».

⁹¹ Hirshleifer (1973, p. 84).

⁹² Cf. annexe 1 et Garrouste (1998) pour une présentation des apports de la TSI à la théorie économique.

⁹³ Thépaut (1997, 2002) les appelle les « effets différentiels » de l'information.

3.2/ La firme est une structure d'échanges

La théorie normative de la décision élaborée par Marschak & Radner (1972) est connue (et reconnue) comme instrument de calcul de la valeur de l'information et des règles optimales de décision dans une organisation. La définition de l'organisation sur laquelle elle est fondée n'a pas donné lieu à commentaires dans la littérature sur le sujet alors qu'elle mérite selon nous que l'on s'y attarde. On la trouve notamment dans un article originel (et méconnu) de la théorie des équipes publié à la fin des années cinquante par Marschak (1959). Dans cet article, l'auteur commence par définir les membres d'une organisation comme « plusieurs personnes qui sont d'accord pour suivre un certain nombre de règles », l'ensemble des règles en question étant appelé « forme organisationnelle » : « la forme organisationnelle consiste dans des règles qui prescrivent 'qui devrait faire quoi en réponse à quelle information' ».⁹⁴

Dans ce contexte, le verbe « faire » recouvre pour Marschak trois dimensions qui sont 1) l'action (le fait « d'affecter le monde en dehors du groupe de gens formant l'organisation ») ; 2) la communication interne (l'envoi ou à la réception des messages à destination ou en provenance d'autres membres de l'organisation) ; 3) l'observation (l'envoi ou la réception de messages vers ou en provenance du monde extérieur).

Tout ceci est synthétisé dans « la matrice d'actions, d'observations et de communications internes » représentée ci-dessous :

		Récepteur		
		0	1	2
Emetteur	0			
	1			(1,2)
	2			

La communication interne est représentée par l'ensemble des messages échangés entre les membres de l'organisation (zone hachurée en diagonale). Dans notre exemple, la cellule notée (1,2) contient ainsi les messages envoyés par le membre 1 au membre 2.

⁹⁴ Marschak (1959, p. 137).

La colonne et la ligne indicées 0 représentent le monde extérieur donc les deux cellules hachurées horizontalement représentent les observations (les messages envoyés par l'extérieur aux membres de l'organisation), les cellules hachurées verticalement représentent les messages envoyés au monde extérieur par les membres.

Chaque élément de la diagonale représente la communication entre un membre et « sa mémoire » sauf la cellule (0,0) qui est celle des événements extérieurs sans lien avec l'organisation.

Cette représentation explicite de l'organisation comme structure de communication sous forme de tableau entrées-sorties (inputs-outputs), fonde notre représentation de la firme processeur d'information comme structure d'échange d'information, l'information étant définie comme « l'ensemble des messages associés à un instrument d'information ».

Conclusion du chapitre 1

La prise en compte de l'imperfection de l'information, de la rationalité limitée et de l'asymétrie informationnelle fonde de nouvelles théories économiques de la firme, dans lesquelles celle-ci est essentiellement décrite comme un « processeur d'information ». L'économie de l'information, inspirée initialement par l'insatisfaction face aux hypothèses contraignantes du modèle standard va ainsi contribuer à ouvrir la « boîte noire ».

Les travaux présentés dans la première section apportent un certain nombre de réponses à la question relative à l'existence et à la nature de la firme. Toutes ces réponses se rejoignent globalement pour reconnaître que les firmes permettent d'économiser un certain nombre de coûts informationnels générés par le marché (Coase), par la rationalité limitée des agents (Simon) ou encore par les asymétries informationnelles (Williamson, Alchian & Demsetz, théorie de l'agence). Bien sûr, chaque courant va insister spécifiquement sur une ou plusieurs de ces dimensions mais au-delà de ces différences, le message robuste de la théorie économique moderne est que la firme (sous des formes organisationnelles variées) existe chaque fois qu'elle est la réponse la plus efficiente aux problèmes informationnels. De ce point de vue, on pourrait dire que l'information explique la firme. En retour, et c'est une perspective qui doit être ouverte, la firme génère également ses propres problèmes

informationnels. Ces travaux ouvrent également des débats et des interrogations sur le rôle de l'autorité, sur les formes ou *design* organisationnel(les) construit notamment par la théorie normative de l'agence comme des schémas incitatifs. Enfin, nous remarquons que deux types de travaux au moins (Coase d'un côté, Jensen & Meckling de l'autre) revendiquent explicitement leur souci de rendre compte de ce qui se passe concrètement dans le monde réel.

L'étude spécifique des processus de décision menée dans la deuxième section nous permet d'identifier également l'opposition de styles entre d'un côté le modèle normatif de la théorie statistique de la décision qui apporte, sous certaines conditions, un outil opérationnel pour mesurer la valeur de l'information et les règles de décision optimales, et de l'autre des modèles d'inspiration sociologique qui renvoient à une certaine réalité observée dans les organisations concrètes.

D'un côté, les prolongements du modèle canonique de la théorie des équipes ouvrent sur des problématiques de caractérisation des configurations organisationnelles avec un focus prononcé sur la hiérarchie. Elles invitent donc à une analyse plus fine des différents types de configurations structurales que l'on pourrait cette fois-ci observer dans la réalité. De l'autre, les modèles développés notamment par March et ses co-auteurs introduisent explicitement (sans toutefois en proposer d'outil analytique) les problématiques d'influence (de pouvoir) sous-jacentes aux travaux présentés dans la section 1.

Finalement, après avoir précisé comment nous définissons le concept d'information et la notion de firme processeur d'information, les éléments identifiés dans la revue de littérature nous poussent dans deux directions : d'une part vers le potentiel d'identification des phénomènes d'influence et de pouvoir dans la théorie économique standard, d'autre part vers une analyse structurale des organisations complémentaire et non antinomique de la posture intellectuelle représentée par l'individualisme méthodologique, ceci afin de dépasser les simples relations bilatérales (ou multilatérales mais avec des agents identiques) de la théorie de l'agence.

CHAPITRE 2
LES APPROCHES DU POUVOIR EN
ECONOMIE

Chapitre 2

Les approches du pouvoir en économie

Introduction

Dans des contributions récentes, Pierre Dockès développe une analyse sur le pouvoir et l'autorité dans la science économique (Dockès, 1999, 2000). Il montre notamment dans une perspective historique que la relation d'autorité est le produit d'une « convention d'obéissance » qui dépasse le simple calcul des agents économiques de la théorie standard, orientée vers la recherche de l'efficacité.

Dans ce chapitre, nous démarquerons notre analyse de celle de Dockès sur plusieurs points. Tout d'abord, nous avons choisi de nous concentrer sur les approches économiques du pouvoir *intra*-organisationnel. Ensuite, nous proposons dans ce cadre une grille de lecture originale des approches qui analysent les phénomènes de pouvoir consubstantiels à la dynamique des relations salariales. Pour ce faire, nous procédons en trois étapes.

Dans une première étape nous repérons les contributions de l'économie des organisations qui considèrent que les frontières organisationnelles ne sont pas perméables aux éléments de l'environnement institutionnel dans lequel elles évoluent. La théorie de l'échange contesté développée par Bowles & Gintis (1993, 1999) est représentative de cette approche.

Dans une deuxième étape nous proposons d'élargir la portée analytique du concept de pouvoir intra-organisationnel en reprenant à notre compte la notion de « potentiel de pouvoir » introduite par Bartlett (1989). Nous fondons sur celle-ci l'ébauche d'un programme de recherche sur le pouvoir intra-organisationnel qui part de l'identification des conditions nécessaires pour traiter de ce thème dans un cadre *mainstream* en économie des organisations. Cette progression nous amène dans une troisième étape à distinguer deux approches complémentaires du « potentiel de pouvoir intra-organisationnel » en théorie des incitations. Alors que cette théorie focalise essentiellement son attention sur l'incitation à l'effort, la révélation d'informations privées et l'acquisition de compétences spécifiques¹, une littérature récente dans ce champ analyse des mécanismes incitatifs que nous pouvons qualifier de

¹ Voir les synthèses de Gibbons (1998) et de Prendergast (1999).

« politiques ». Dans cette littérature existent selon nous deux familles de contributions qui traitent respectivement de l'allocation du pouvoir / de l'autorité formelle entre les membres de l'organisation² d'un côté, des dynamiques sociales informelles liées à la recherche de quasi-rentes positionnelles et informationnelles de la part des agents, et des moyens mis en œuvre par le principal pour les limiter ou les orienter de l'autre.

La confrontation entre ces deux approches suggère une tension potentielle dans l'organisation entre « autorité » (comprise comme capacité à prendre des décisions qui orientent les actions des autres) et « discrétion » (comprise comme capacité pour un agent de contrôler l'usage des ressources mises à sa disposition et sur lesquelles il ne possède aucun droit de propriété, ainsi que de contrôler l'usage de sa propre force de travail)³. Dans ce contexte, les travaux de Rotemberg (1993) et de Rajan & Zingales (1998, 2001) représentent, selon nous, les pistes de recherche les plus intéressantes pour progresser dans l'étude des potentiels de pouvoir.

Dans une première section, après avoir brièvement résumé l'argumentation de Dockès (1999, 2000) sur l'étude des phénomènes de pouvoir en science économique, nous présenterons la théorie de l'échange contesté qui est au cœur de la critique radicale moderne du capitalisme représenté par trois structures de pouvoir distinctes. La seconde section introduit le potentiel de pouvoir généré par les problèmes informationnels développés dans le premier chapitre et reformule le rôle des organisations comme réponses aux enjeux de pouvoir. Enfin, dans une dernière section, nous nous intéresserons particulièrement aux approches introduisant explicitement les phénomènes de pouvoir dans le *mainstream* avec comme point d'orgue les travaux de Rajan & Zingales (1998, 2001) qui questionnent la possibilité d'élaborer une théorie générale du pouvoir intra-organisationnel intégrant les problématiques de structure.

² Les termes « pouvoir » (par ex. Ortega, 2003), « responsabilité » (par ex. Prendergast, 1995), et « autorité formelle » (par ex. Aghion & Tirole, 1997) sont le plus souvent utilisés comme des synonymes dans cette littérature.

³ Pour une présentation alternative de cette tension autorité / discrétion, voir Foss & Foss (2002).

Section 1 : Le pouvoir, point de départ de l'analyse des phénomènes économiques

1.1/ Pouvoir, autorité et convention d'obéissance

Comme les économistes dits « radicaux », Dockès (1999, 2000) part du postulat que « les rapports de pouvoir forment la trame de la vie sociale et de sa composante économique »⁴. Ils se manifestent notamment dans la production, par l'autorité de l'employeur et de la hiérarchie (Coase, 1937, Simon, 1951, Williamson, 1975, 1985), dans la concurrence entre entreprises pour la conquête de parts de marché, dans l'échange, et dans les interventions du pouvoir politique dans la sphère économique (monnaie, politique économique).

1.1.1/ L'autorité est un « pouvoir institué »

A l'instar de l'analyse de Thépaut (1997, p. 64), le concept de pouvoir pertinent pour Dockès est le pouvoir sur les hommes⁵, qui recouvre à la fois le pouvoir d'agir sur les individus et les organisations auxquelles ils appartiennent et le pouvoir d'agir sur les règles ou institutions qu'ils se donnent. Partant de la définition classique de Dahl (1957), Dockès identifie deux caractéristiques saillantes du pouvoir. Tout d'abord, le pouvoir suppose une relation asymétrique (Perroux, 1973). Ces asymétries sont de natures diverses (statut, capital physique ou financier, information) et ont la particularité d'être à la fois des conditions et des conséquences de l'exercice du pouvoir. Ensuite, les relations de pouvoir sont stratégiques⁶ dans la mesure où les choix sont produits par les individus en interaction avec leur milieu (par exemple d'autres membres de l'organisation). Ces deux dimensions l'amènent à analyser le pouvoir dans un cadre plus large qui est celui de la relation d'autorité, dans la lignée de Weber (1978, p. 53)⁷. En ce sens, l'autorité est ainsi un pouvoir légitimé⁸, qui est la définition retenue généralement en sciences économiques.

⁴ Dockès (1999, p. 1). Notons que Bowles & Gintis (1999) partent d'un point de vue similaire mais insistent davantage sur le fait qu'il n'y a plus lieu aujourd'hui de séparer économie et politique.

⁵ Cf. Dockès (1999, p. 11) pour une discussion de la relation entre pouvoir sur les hommes et pouvoir sur les choses, ainsi que Thépaut (1997).

⁶ On ne peut cependant pas en rester à une simple analogie avec la théorie des jeux qui est une théorie du calcul en situation stratégique dont l'objet d'étude fondamental n'est que rarement les modes d'exercice du pouvoir. Par ailleurs, la matrice de rétribution est donnée (Dockès, 1999, p. 15).

⁷ Cité par Dockès (1999, p. 16) : Weber définit le pouvoir comme « puissance » c'est-à-dire comme capacité de faire prévaloir sa volonté en dépit des résistances. Ce terme peut s'appliquer à n'importe quelle qualité d'une personne où à n'importe quelle circonstance et Weber considère que le pouvoir n'a pas un caractère très opérationnel.

⁸ Un « pouvoir institué » pour Dockès (1999, p. 17).

1.1.2/ Les modalités d'exercice du pouvoir et les moyens du pouvoir

Les modalités d'exercice du pouvoir (les types de moyens pour que « A obtienne une action de B » au sens de Dahl) sont nombreuses. Parmi celles-ci, Dockès en identifie trois qui vont justifier son choix d'analyse. La première consiste à proposer quelque chose en échange, on est alors dans domaine du pouvoir d'achat ou du pouvoir par l'échange (monnaie contre bien). Dans ce cadre, le pouvoir au sens strict ne s'exerce que si l'échange est asymétrique, les deux parties à l'échange bénéficiant de la transaction⁹. La seconde est la coercition¹⁰, qui consiste à imposer un choix dont l'alternative pour celui qui la subit produit un résultat encore plus défavorable. La troisième est l'information, qui recouvre à la fois l'incitation et la manipulation d'information regroupées dans une catégorie plus large appelée « pouvoir communicationnel »¹¹.

A partir de ces éléments, l'analyse du pouvoir est pertinente lorsqu'elle se place au niveau d'un choix biaisé par l'asymétrie provoquée par le pouvoir de marché ainsi que par la manipulation d'information ou par des formes de coercition (Dockès, 1999, p. 30), dans une optique assez proche de celle de Perroux (1973).

En ce qui concerne le pouvoir de marché, il s'exerce sur la partie à l'échange qui est en situation de dépendance pour l'obtention d'une ressource rare sans réciprocité (ou en situation d'interdépendance déséquilibrée), à partir d'une menace consistant à priver cette partie de la ressource (Dockès 1999, p. 45). Les asymétries qui le sous-tendent peuvent concerner le nombre d'acteurs du côté de l'offre ou du côté de la demande, la taille des acteurs, la spécificité des actifs qui créent un risque de *hold-up*¹², ou bien les asymétries informationnelles qui définissent le pouvoir de négociation.

⁹ On retrouve ici la définition de Crozier & Friedberg (1977) qui définissent le pouvoir de marché comme la possibilité d'obtenir des termes de l'échange plus favorables. Le pouvoir de monopole est par exemple un prix plus favorable (pour le vendeur) que le prix d'équilibre concurrentiel à cause de l'asymétrie des conditions économiques du marché (un seul offreur, plusieurs demandeurs).

¹⁰ Dockès (pp. 27-30), mobilise Hobbes et Foucault (1994) sur l'articulation entre pouvoir par coercition et liberté. Foucault ne met selon lui en dehors de la sphère du pouvoir « que ce qui contredit tout choix véritable ». La liberté se définit alors comme la possibilité de choix dans un ensemble de réactions faisables.

¹¹ Dockès (1999, p. 25).

¹² Le hold-up est un pouvoir de marché particulier produit par l'opportunisme au sens de Williamson. Soit par exemple une relation entre une entreprise A et une entreprise B. Pour fabriquer le produit demandé par B, A doit investir dans une machine coûteuse et dont l'emploi est circonscrit (pour des raisons techniques) à la fabrication du produit en question. Une fois la machine achetée, le fabricant peut se voir imposer un prix plus faible pour le produit qu'il livre à son client. Ce dernier veut ainsi lui confisquer la différence entre la valeur de l'actif dans la relation particulière et la valeur résiduelle dans un usage alternatif qui est par définition faible, ce qu'on appelle la quasi-rente. Pour éviter que le sous-traitant n'investisse pas dans l'actif spécifique, le client devra lui garantir un contrat de long terme, conditionné par le partage de la quasi-rente. Voir aussi section 1.4/ du chapitre 1.

L'échange avec pouvoir de marché et l'échange dans un contexte de coercition reposent tous deux sur une menace de sanction crédible mais la nature de la menace diffère dans les deux cas.

Dans le cas du pouvoir de marché, il y a une transaction économique véritable impliquant un gain réciproque et la menace (qui consiste à ne pas re-contracter) porte sur l'espérance de gain (ou sur la perte d'un gain) anticipée de la transaction. Cette menace n'est donc efficace que si l'autre n'a pas d'alternative, autrement dit, si la sortie, au sens d'Hirschman (1970) est coûteuse. Dans le cas de la coercition il n'y a pas d'échange véritable, comme par exemple dans le cas d'une concentration « forcée » qui consisterait pour une entreprise à accepter d'être absorbée ou mourir. Ici, la menace n'est pas inhérente à la transaction mais dépend d'autre chose. Les historiens ont particulièrement étudié le pouvoir de coercition économique exercé par la puissance publique, parfois au service des intérêts privés. Dans une optique proche de celle de Braudel, Wallerstein montre comment les entreprises capitalistes ont cherché à exploiter un échange asymétrique par l'échange inégal, en exerçant à la fois un pouvoir économique mais aussi un pouvoir de coercition en s'appuyant sur l'Etat¹³.

Par ailleurs, le pouvoir de marché a un aspect statique consistant à exploiter une situation donnée (des conditions) de l'échange et un aspect dynamique consistant à modifier les conditions de l'échange (Dockès, 1999, p.49). Ces deux aspects renvoient tous deux aux asymétries initiales dans l'échange (en ce qui concerne la position sur le marché) mais si on considère sa dimension dynamique, le pouvoir de marché est proche d'un pouvoir de coercition économique¹⁴.

1.1.3/ Les fondements de l'autorité dans les firmes capitalistes

Alors que c'est la coercition (menace d'emploi de la violence physique ou morale) qui sert de base aux entreprises publiques pour Dockès (1999, 2000), dans l'entreprise capitaliste, c'est le pouvoir de marché qui la source essentielle de l'autorité mais ce n'est pas la seule. Elle peut

¹³ Pour des exemples, voir Dockès (1999, pp. 69-70).

¹⁴ Pour Dockès (1999, pp. 52-53) les relations de concurrence entre les entreprises renvoient à la coercition plutôt qu'au pouvoir de marché. L'obtention d'une position dominante provient par ailleurs des rendements croissants du pouvoir qui trouvent leur source dans les dépendances cumulées par les autres agents et qui relèvent d'une approche historique (cf. la notion de dépendance vis-à-vis du sentier).

également être fondée sur un pouvoir d'achat spécifique qui est « l'achat d'obéissance »¹⁵ renouvelable, ainsi que sur un pouvoir d'achat traditionnel (Alchian & Demsetz, 1972). Dans les catégories identifiées du pouvoir communicationnel (conviction, ruse, manipulation), le pouvoir de conviction (l'expert) peut être une base de l'autorité mais pas la ruse parce que la répétition de la ruse n'est généralement pas possible.

Tout d'abord, l'autorité patronale est parfois assimilée à un simple pouvoir d'achat (Alchian & Demsetz, 1972, Cheung, 1983) dans une vision de la firme « nœud de contrat ». Ici le terme du contrat n'est pas déterminant puisque le contrat long est assimilé à une série de contrats courts renouvelés de manière implicite. Pour identifier des différences entre la relation fameuse entre un épicier et son client et la relation entre un employeur et son employé¹⁶, il faut néanmoins ajouter d'éventuelles différences en termes de pouvoir de marché. Le pouvoir de marché qui donne un sens à l'achat d'obéissance est identifié par Bowles & Gintis (1993) en ces termes : si le marché du travail fonctionnait parfaitement, l'excédent d'offre de travail (de demande d'emploi) que l'on observe ferait baisser le niveau de salaire jusqu'à résorber l'excédent (donc le chômage), rendant du même coût le coût de sortie de l'employé nul, donc le pouvoir de marché de l'employeur nul. L'intérêt des employeurs, afin de conserver ce pouvoir de marché qui leur garantit l'obéissance, est donc de fixer des salaires au-dessus du niveau d'équilibre pour s'assurer d'un montant minimum de chômage. Quand bien même ce pouvoir de marché ne serait pas suffisant pour rendre compte de l'obéissance, « il n'en apparaît pas moins comme le pendant, pour ce qui concerne les organisations privées de type capitaliste, du pouvoir de coercition de l'Etat pour ce qui concerne les organisations publiques »¹⁷. Dans le cadre ainsi défini, l'employé accepterait sa subordination (vendrait son obéissance) parce qu'il n'a pas, contrairement à l'employeur, d'alternative équivalente (Bowles & Gintis 1993).

Une autre explication de l'autorité dans les firmes (et donc de la subordination) mobilise la propriété du capital. Dans l'esprit revendiqué¹⁸ de Marx et Weber qui fondent le capitalisme sur la séparation du travailleur et des moyens de production, la théorie des droits de propriété (ou théorie des contrats incomplets) (Hart & Moore 1990, Hart, 1995) suggère par ailleurs que

¹⁵ Dockès (1999, p. 81).

¹⁶ En plus de la différence qui tient à la nature juridique des contrats comme le fait remarquer Williamson (1994).

¹⁷ Dockès (1999, p. 99).

¹⁸ Cf. Hart (1995).

la propriété des actifs non humains donne un contrôle sur les actifs humains : ceux qui ne possèdent pas les actifs non humains ne sont pas en mesure de produire. La menace de la part des propriétaires de ces actifs de ne pas recontracter (ou de résilier) oblige les premiers à obéir parce qu'ils sont dépendants¹⁹. L'information (notamment la capacité d'accéder à des informations vitales), si elle est considérée comme un capital, peut produire des asymétries du même type.

1.1.4/ Dynamique historique et convention d'obéissance

Comme on l'a vu au chapitre 2, les difficultés de coordination aboutissent au choix d'un (ou plusieurs) détenteur (s) de l'autorité, si bien que l'on peut considérer que « la « valeur » de la hiérarchie pour ceux qui y sont soumis est l'efficacité de la coordination de leurs actions qu'elle permet »²⁰. Les théories dominantes expliquent la permanence de la relation d'autorité par le critère d'efficience mais la prise en compte de la dynamique historique aboutit à une autre analyse.

Pour Dockès et la plupart des radicaux, c'est « la pression des forces sociales et politiques » qui explique le passage au salariat. Dans cette perspective, la soumission à l'autorité ne résulte pas d'un calcul ponctuel répété face à la menace (comme dans l'analyse standard) mais elle constitue un « pouvoir institué »²¹. Les subordonnés obéissent par routine (leur rationalité limitée les amène à se contenter de ce *satisfecit*), qui produit finalement une « convention » : c'est « la convention d'obéissance »²² qui donne son efficacité à l'autorité. En son absence, il resterait certes la menace du licenciement et de pénalités diverses, les promesses de promotion conditionnelles et autres incitations, mais ces dernières supposent un contrôle dont le coût croît souvent fortement à mesure qu'il s'affine. La convention d'obéissance permet alors de réduire fortement ce contrôle et assure le bon fonctionnement de la relation d'autorité.

¹⁹ On n'est pas loin ici de l'interprétation de l'existence de la firme de Knight (1921) basée sur l'aversion face au risque des employés. Dans ce cadre, elle ne serait pas inhérente aux caractéristiques « psychologiques » de l'individu lui-même mais produite par le fait qu'il détient peu (ou pas) de capital.

²⁰ Dockès (1999, p. 115).

²¹ L'autorité est ainsi définie comme « un pouvoir devenu une règle », elle s'impose régulièrement et durablement. La conséquence est que le pouvoir de coercition, de marché et de conviction deviennent autorité lorsqu'ils s'instituent, « se font règles ». Une fois ce pouvoir institué, son détenteur agit en donnant des ordres et des commandements. Finalement l'autorité devient elle-même une « institution » et tend à être unique (Dockès, 1999, p. 87).

²² Dockès (1999, p. 172).

1.2/ La théorie de l'échange contesté et la critique du capitalisme

Bowles & Gintis (1993, 1999) vont prolonger les travaux sur l'incomplétude contractuelle pour développer une critique du système capitaliste au niveau des marchés et au niveau de la firme. Partant d'une méthodologie d'inspiration néoclassique (en particulier les modèles de salaire d'efficience), leur approche veut réconcilier dans la grande tradition de l'économie politique classique les dimensions économique et politique du système économique dans son ensemble.

1.2.1/ Echange contesté, renouvellement contingent et pouvoir

Bowles & Gintis substituent à l'échange anonyme du modèle walrasien ce qu'ils appellent « l'échange contesté » dont le principe est le suivant : « quand quelque aspect du bien ou service offert est à la fois valorisable pour l'acheteur et coûteux à fournir », le fait qu'il ne soit pas possible de faire respecter les droits de chacun « donne lieu à des stratégies endogènes »²³ de surveillance (pour que le contrat soit respecté).

Ils définissent quatre motifs fondamentaux pour lesquels l'exécution exogène du contrat est impossible:

- il n'y a pas de tierce partie pertinente pour le faire ;
- quand l'attribut contesté du bien ne peut être vérifié qu'imparfaitement ou à des coûts très élevés ;
- quand les preuves fournies (du comportement déviant) sont non admissibles par un tribunal ;
- quand la nature des contingences quant à la réalisation des états de la nature ne permet pas d'écrire un contrat complet.

Dans ce type de situation, l'exécution des contrats est endogène c'est-à-dire que les termes *ex post* de l'échange sont déterminés par les mécanismes de surveillance et de sanction institués par A pour amener B à fournir le niveau désiré de l'attribut contesté. Le mécanisme qui est au cœur de la relation est ce qu'ils appellent « le renouvellement contingent », selon lequel un

²³ Bowles & Gintis (1993a, p. 85).

agent A obtient un niveau de performance requis de l'agent B en lui promettant de renouveler le contrat dans le futur s'il est satisfait et de le rompre sinon.

L'endogénéisation de l'exécution des contrats introduit une relation de pouvoir définie par : « L'agent A a du pouvoir sur l'agent B si, en imposant ou en menaçant d'imposer des sanctions sur B, A est capable d'affecter les actions de B de telle sorte qu'elles servent les intérêts de A »²⁴.

1.2.2/ Firma démocratique *versus* firma capitaliste

Sur la base de l'incomplétude contractuelle et de l'échange contesté, Bowles & Gintis (1993b) défendent l'idée selon laquelle la « firma démocratique » a une efficacité supérieure à la « firma capitaliste » à partir d'un modèle de théorie de l'agence. Ils démontrent notamment qu'une redistribution des droits résiduels sur la prise de décision et du contrôle d'une équipe d'employés²⁵ génère des gains d'efficacité pour une firma qui ne connaît comme problème d'agence que le niveau d'intensité de l'effort. Prenant le contre-pied d'un certain nombre d'auteurs du *mainstream*, ils montrent notamment que « lorsque la transaction implique l'échange d'un droit facile à vérifier (par exemple la monnaie) contre un service difficile à contrôler (le travail), la partie qui fournit l'effort de travail devrait, sur la base du critère d'efficacité, être le créancier résiduel »²⁶.

1.2.2.1/ Les éléments principaux du modèle

La firma est définie comme « une équipe de producteurs faisant face à deux problèmes intrinsèques d'agence : la régulation de l'intensité du travail et le traitement du risque, aucun des deux ne pouvant être généralement spécifié par le contrat d'exécution d'une tierce partie » Dans leur modèle, les travailleurs sont identiques et ils supposent que la tâche de surveillance elle-même ne génère pas de problème d'agence : la surveillance ne nécessite que des inputs qui ne sont pas du travail et les contrats sont supposés éliminer les incompatibilités en termes

²⁴ Bowles & Gintis (1993b, p. 14).

²⁵ A partir de l'hypothèse de neutralité face au risque.

²⁶ Bowles & Gintis (1993b, p. 14).

d'incitation associées à la performance de la surveillance. Ainsi, « il n'y a par hypothèse aucun fondement pour que le contrôleur soit le créancier résiduel »²⁷.

Par ailleurs, la relation d'emploi est définie par le fait que l'employé accepte de se soumettre à l'autorité de l'employeur en échange d'un salaire. Ce salaire est supérieur au salaire d'équilibre de marché donc il existe sur le marché du travail un chômage involontaire²⁸. Au niveau d'effort requis par le management, le travail est coûteux à fournir pour le travailleur, valorisable pour l'employeur et difficile à mesurer. La relation de travail est donc bien définie comme un échange contesté.

Ils montrent en trois étapes que, dans la firme capitaliste, la relation d'emploi entre l'employeur A et l'employé B est aussi une relation de pouvoir de A sur B :

- A peut licencier B, réduisant dans ce cas les revenus de ce dernier aux indemnités de chômage inférieures au salaire : il peut donc appliquer des sanctions à B ;
- A peut utiliser ces sanctions dans son intérêt en obtenant de B le niveau d'effort qu'il souhaite ;
- On peut imaginer que B peut sanctionner A (en brûlant son usine !) mais il ne peut pas utiliser cette capacité pour faire augmenter le salaire proposé ou pour empêcher A de le licencier. En effet, dans le cas où B fait une offre « à prendre ou à laisser » trop élevée pour A, il lui suffira de rejeter l'offre et d'employer une autre personne. De ce fait, B n'a rien à gagner à mettre sa menace à exécution donc sa menace n'est pas crédible.

Comme la menace de A est crédible et que celle de B ne l'est pas, A a du pouvoir sur B. Ce pouvoir « vient du fait que A est du côté court du marché » c'est-à-dire qu'il n'est pas contraint en quantité, contrairement à B.

1.2.1.2/ L'efficiencia supérieure de la firme démocratique

Ils développent ensuite un argumentaire en faveur de l'efficiencia supérieure de la firme démocratique comparativement à celle de la firme capitaliste²⁹ :

- « il est raisonnable de penser que les travailleurs, intégrés dans la firme démocratique, vont considérer le travail comme une activité plus rémunératrice », et vont donc fournir un

²⁷ Bowles & Gintis (1993b, p. 15).

²⁸ Pour assurer la crédibilité de sa menace, l'employeur paie une « rente d'emploi » en plus du salaire d'équilibre pour s'assurer un volant minimum de chômage, cf. section 1.1.3/.

²⁹ Bowles & Gintis (1993b, pp. 27-28).

effort supérieur à celui fourni dans la firme capitaliste. Ils appellent cet effet « l'effet de participation » ;

- le statut de créancier résiduel des travailleurs fournit à ce type de firme des mécanismes de surveillance inabordables et inatteignables pour la firme capitaliste, notamment la surveillance mutuelle générée par le fait que chacun a intérêt à ce que les autres fassent des efforts élevés et peut le faire quasiment sans coût³⁰. C'est l'effet de « surveillance mutuelle » ;
- le salaire dans la firme capitaliste est trop bas : elle use trop peu d'incitation salariale et trop de surveillance par rapport à une alternative efficiente. C'est « l'effet d'incitation salariale ».

Si les firmes démocratiques exhibent une efficience supérieure à celle des firmes capitalistes et si le mécanisme de sélection naturelle fonctionne, pourquoi alors les firmes capitalistes sont-elles encore dominantes ? Bowles & Gintis formulent trois suggestions en guise de réponse³¹ :

- apprendre à gouverner une firme démocratique prend du temps et dans les premiers temps, les coûts d'apprentissage ont des chances d'être supérieurs aux gains. C'est la « contrainte de capacités démocratiques » ;
- l'économie dominée par les firmes capitalistes produit des conditions favorables à ces dernières qui empêchent le développement des firmes démocratiques : c'est la « contrainte de l'environnement économique » ;
- les besoins en capital des firmes démocratiques dépassent les moyens des travailleurs. Par ailleurs, leur aversion au risque est un obstacle à un choix rationnel qui consisterait à concentrer sa richesse dans un seul actif. Il leur manque du capital et des cautions pour emprunter de l'argent : c'est « la contrainte d'inégalité de richesse ».

On retrouve ici des thèmes chers aux radicaux mais le mérite de Bowles et Gintis est d'avoir essayé de mener leur démonstration à l'aide des outils néo-classiques standards. L'élargissement de la théorie de l'échange contesté à l'ensemble du système capitaliste a pour but de montrer que « même à l'équilibre concurrentiel une économie de marché soutient un

³⁰ Notons qu'il s'agit d'une hypothèse forte. Comment en effet ne pas imaginer que l'observation des collègues a un coût minimal en termes de perte de production ?

³¹ Bowles & Gintis (1993b, pp. 31-32).

système de relations de pouvoirs »³², qui donne le pouvoir aux agents qui sont du côté court des marchés, donc à ceux qui sont non contraints en quantité.

Cela les amène à une critique forte de la position défendue notamment par Williamson selon laquelle les institutions qui émergent du processus concurrentiel seraient les plus efficaces³³.

1.2.3/ Les critiques internes

De manière assez surprenante, la théorie conflictuelle de la firme de Bowles & Gintis, qui par ailleurs ne revendique en rien une quelconque généralité dans sa représentation du pouvoir³⁴, a été mise en cause par d'autres radicaux. Baker & Weisbrot (1994) se sont notamment attaqués à la nature de la méthodologie employée et à deux conclusions du modèle concernant l'inefficacité technique du capitalisme et l'existence d'un chômage d'équilibre.

Au sujet du premier point, une comparaison sur la base stricte de l'efficacité technique n'est habituellement pas possible à cause des conditions de production impliquant différents types d'inputs et/ou d'outputs. Ainsi, « la question de l'efficacité d'un système comparativement à un autre est probablement sans réponse au sens néoclassique, dans la mesure où les changements de structure sociale entre les systèmes risquent de rendre les inputs et les outputs différents et donc non comparables »³⁵.

Concernant le second point, leur avis est également prudent parce que la dépense de surveillance leur paraît irrationnelle dans un modèle où les employés sont identiques : « si les travailleurs sont identiques, alors ils doivent tous travailler avec la même intensité lorsqu'ils sont confrontés aux mêmes situations. Cela signifie que la firme a simplement à examiner l'output de fin de période et il sera possible de déterminer combien de travail a été appliqué au total [...] et ainsi exactement combien de travail a été appliqué par chaque personne »³⁶, ce qui élimine la question du *free riding*.

Par contre, si on admet l'hypothèse selon laquelle les travailleurs ne sont pas identiques, on peut s'attendre à ce que les firmes ajustent les salaires, les niveaux de surveillance et les

³² Bowles & Gintis (1999, p. 15).

³³ Cf. la réponse de Williamson (1993) et celle de Stiglitz (1993).

³⁴ Bowles & Gintis (1999, p. 24) : ce n'est pas « un modèle général de l'exercice du pouvoir dans les économies de marché » parce qu'il néglige d'autres sources de pouvoir comme les moyens de persuasion.

³⁵ Baker & Weisbrot (1994, p. 1097).

³⁶ Baker & Weisbrot (1994, p. 1098-1099). Ils ajoutent que « l'existence de surveillance dans un monde de travailleurs identiques est analogue au fait d'avoir de l'échange dans un modèle à un seul bien ».

sanctions pour comportement de tire-au-flanc selon leur perception des capacités et inclinaisons au travail de chacun. Cela implique qu'il faut enrichir la palette de sanctions (en plus du licenciement) disponible pour la firme. Dès lors, sa capacité à mettre en œuvre des sanctions va dépendre du partage des informations entre membres de la firme (notamment de la délation, évacuée des modèles de salaires d'efficience). Une autre implication est la contractualisation bilatérale nécessaire au traitement des cas particuliers, qui augmenterait considérablement les coûts d'information et qui saperait la possibilité d'action collective que ce type de modèle essaie de mettre en œuvre (entreprise démocratique).

Enfin, Baker & Weisbrot discutent de la nature de la relation de travail décrite dans les modèles de Bowles et Gintis pour remarquer que, loin d'être le royaume du conflit, la relation de travail est largement le royaume du consentement, le conflit étant largement circonscrit en pratique.

En définitive, les limites de cette approche relèvent selon eux principalement de la méthodologie adoptée, l'individualisme méthodologique, qui a notamment permis aux auteurs néoclassiques d'établir une causalité unilatérale du comportement individuel vers les structures sociales et les institutions.

La théorie conflictuelle de la firme a essayé de se constituer en développant un aspect longtemps ignoré par le *mainstream*, à savoir le fait que la vente de la force de travail et l'extraction du travail qu'elle suppose n'est pas le processus harmonieux décrit par les auteurs néoclassiques. Le problème est que cette proposition est fondée à la fois sur une causalité sociale opposée à celle définie par l'individualisme méthodologique et sur une conceptualisation très différente de l'individu, de sa relation à la société ou de ses relations d'échange.

De ce point de vue, l'intérêt principal des travaux de Bowles & Gintis est de montrer les difficultés de transférer les concepts et les relations d'un modèle théorique à un autre très dissemblable. Pour Baker & Weisbrot, la critique de l'efficience capitaliste et l'explication du chômage d'équilibre dans ces modèles s'effondre sous le poids d'hypothèses contradictoires : « la méthodologie néoclassique est la mauvaise boîte à outils pour le travail que veut mener la théorie conflictuelle »³⁷.

³⁷ Baker & Weisbrot (1994, p. 1109).

1.2.4/ Les trois structures du pouvoir

Partant d'une discussion des travaux de Bowles & Gintis, Schutz (1995) va chercher à développer un modèle de pouvoir plus général et qui propose une vision assez synthétique de l'approche moderne des radicaux.

1.2.4.1/ Une définition plus large du pouvoir

Selon Schutz, la définition du pouvoir retenue par Bowles & Gintis aurait comme défaut principal de supposer que les moyens du pouvoir sont uniquement les menaces et les sanctions. Les menaces et les sanctions contraignent l'environnement d'action connu par le subordonné mais pas seulement : le pouvoir implique aussi des contraintes sur l'environnement que le subordonné ne connaît pas, sur sa connaissance elle-même ou sur sa perception des choses (qu'il connaît). La définition de Bowles & Gintis est ainsi considérée comme trop minimaliste et Schutz propose celle-ci : « Si A peut faire faire à B quelque chose qui améliore le bien-être de A, en agissant d'une certaine manière ou en tirant avantage d'une situation, dans laquelle B n'aurait pas pleinement donné son consentement s'il avait pu choisir librement en pleine connaissance des différentes alternatives, alors A a du pouvoir sur B »³⁸.

Par ailleurs, l'ensemble des « arrangements sociaux » constituant une relation de pouvoir entre deux individus (une dyade) doivent inclure au moins :

- une hiérarchie de relations de pouvoir ;
- un ensemble de personnes non inclus dans la hiérarchie mais dont les actions déterminent la structure des contraintes pesant sur les subordonnés ;
- des connections de pouvoir ou d'influence réciproque entre l'individu dominant et ceux qui dominent dans d'autres hiérarchies de pouvoir.

Afin d'inclure cette dimension centrale qu'est la structure sociale dans la définition du pouvoir, il propose : « Si A peut faire faire à B quelque chose qui améliore le bien-être de A, en agissant d'une certaine manière ou en tirant avantage d'une situation, dans laquelle B n'aurait pas pleinement donné son consentement si le processus de décision avait été pleinement juste et démocratique, alors A a du pouvoir sur B ».

³⁸ Schutz (1995, p. 1152).

C'est sur la base de cette définition plus générale qu'il décrit quelles sont les trois relations de pouvoir « systémique » dans les économies de marché.

1.2.4.2/ Les trois relations de pouvoir dans les économies de marché

Schutz distingue d'une part le pouvoir monopolistique du pouvoir du côté court et d'autre part l'accès différencié au pouvoir d'achat.

Tout d'abord, sur un marché monopolistique, le vendeur peut empêcher les acheteurs d'accéder au bien. Sous cette menace, les acheteurs acceptent de payer une prime qui amène le prix au-dessus du prix concurrentiel et ne peuvent (par la concurrence entre vendeurs) contraindre le monopole.

Ensuite, des déséquilibres entre offre et demande vont donner un pouvoir aux agents qui sont du côté court du marché. Sur le marché du travail, la menace de licenciement est le meilleur moyen pour éviter que les travailleurs ne se coordonnent pour contraindre l'employeur. Cette menace est crédible tant que le niveau de chômage persiste de manière visible.

Si on utilise un raisonnement analogue à celui qui est mené sur le marché du travail, on peut dire que sur les marchés de crédit, les prêteurs donnent des primes aux emprunteurs (sous forme de taux d'intérêt préférentiels, schémas de remboursement avantageux) afin de s'assurer de leur part un comportement prudent et afin qu'ils s'assurent contre les emprunteurs non fiables. Ces derniers sont soumis en effet à la menace de rupture de prêt et se conduisent donc dans l'intérêt des prêteurs.

Dans le cas du pouvoir monopolistique et du pouvoir du côté court³⁹, les bénéfices de ceux qui ont le pouvoir se font sous la forme d'une redistribution de revenus : un profit excessif (rente monopolistique) tiré directement du revenu des agents dans le premier cas, un profit tiré directement du travail productif des employés et indirectement des chômeurs sur le marché du travail dans le second cas. Enfin sur le marché des capitaux, le pouvoir se fait au détriment des emprunteurs potentiels qui n'ont pas accès au crédit.

³⁹ Remarquons que le pouvoir du monopole est exercé du côté court du marché des biens.

Dès lors, « l'inégalité de revenu est une conséquence (partielle) des structures de pouvoir sur les marchés ». Elle émerge aussi de l'inégalité initiale de distribution des dotations en propriété. En effet, le revenu est la source la plus importante de pouvoir d'achat, qui est une sorte de « pouvoir de faire ». L'inégalité concernant le pouvoir d'achat signifie également que les individus n'influencent pas également les décisions d'allocation des ressources (en tant qu'acheteurs et vendeurs), cette influence différentielle peut alors être perçue comme une forme de pouvoir⁴⁰.

L'inégalité de pouvoir d'achat est « un élément fondamental des structures de commandement et de domination, c'est-à-dire de pouvoir », à cause des positions que cela implique sur les marchés du travail et du crédit : une richesse faible est un frein à l'entrepreneuriat, un frein à l'accumulation du capital et mène donc à la soumission au pouvoir du côté court. En bref, la richesse permet d'être du côté court sur les deux marchés.

Ainsi, ceux pour qui le travail est un moyen de subsistance n'ont pas d'autre choix que de se trouver dominés, les institutions impliquant finalement l'hégémonie du système de propriété privée avec son pouvoir basé sur la menace et le pouvoir dérivé du consentement des gens qui travaillent.

Conclusion de la section 1

Pour les radicaux, les sources du pouvoir sont le pouvoir de marché (qui découle largement du pouvoir d'achat), la coercition et l'information. Ces relations de pouvoir s'encastrent dans la structure sociale et aboutissent à des relations de domination de certains agents économiques sur les autres. Le pouvoir existe par hypothèse dans le système économique et toute représentation qui s'en passerait ne pourrait prétendre à une explication du fonctionnement du monde réel. Une des limites de cette approche est qu'elle postule le pouvoir et cherche à repérer principalement ce qui relève du pouvoir de marché. Par ailleurs, elle tend à définir la firme quasi uniquement sous l'angle de la relation salariale⁴¹.

Finalement, pour conclure cette approche et résumer le positionnement qu'elle adopte par rapport aux travaux orthodoxes, cette citation de Schutz (1995, p. 1166) est éclairante :

⁴⁰ Schutz (1995, p. 1164).

⁴¹ Gabrié & Jacquier (1994) s'intéressent de même aux théories néo-institutionnelles de la firme sous cet angle unique. Coase (1993) regrette *a posteriori* d'avoir fondé la distinction firme/marché uniquement sur cette base dans son article séminal de 1937.

« Les sociétés à économie de marché ne sont pas essentiellement différentes des autres sociétés développées de l'histoire humaine : ce sont des systèmes pyramidaux de statuts et privilèges personnels et institutionnels, structurés par les arrangements de pouvoir dans toutes les sphères d'activité, y compris l'allocation des ressources. Il serait temps que les économistes orthodoxes le reconnaissent, après l'ensemble des chercheurs en science sociale ».

Section 2 : Le « potentiel de pouvoir »

Une approche alternative à celle des radicaux existe en sciences économiques. Elle consiste à partir du modèle standard et des hypothèses du modèle standard (notamment en termes de comportement) pour identifier si oui ou non il y a une place pour l'analyse des phénomènes de pouvoir intra-organisationnel dans la science économique.

C'est cette approche que privilégie Bartlett (1989), dans le cadre d'un programme de recherche plus vaste ayant pour but d'étudier « la nature de la relation entre des êtres humains identifiables quand leurs interactions incluent des échanges marchands »⁴². Pour lui, la question du pouvoir sur les marchés doit être abordée de telle manière que l'on puisse « trouver le pouvoir s'il existe, et que l'on puisse identifier son absence s'il n'existe pas sur le marché ». Cette réflexion sur le marché, centrée autour de la nature du processus de décision, va le conduire à s'interroger sur le pouvoir dans l'organisation.

2.1/ Un concept microéconomique de pouvoir

2.1.1/ Il doit être conforme aux hypothèses standard du comportement

Un concept économique de pouvoir doit s'attacher à respecter les principes de la théorie des comportements, tels qu'ils sont définis par exemple par Becker (1963), l'argument sur le pouvoir ne pouvant porter selon lui que dans la mesure où il est identifié au cœur des méthodes du *mainstream*. Cela revient à considérer des individus qui a) font des choix, b) sont maximisateurs, c) sont soumis à des contraintes. Cela fonctionne à partir d'une hypothèse sur

⁴² Bartlett (1989, p. 10).

la rareté (les demandes excèdent les possibilités), la solution au dilemme consistant à savoir quel arbitrage faire, en choisissant à la marge l'arbitrage qui n'apporte plus de gain net.

La puissance de la méthode de maximisation de l'utilité sous contrainte, décrite comme la méthode de choix des individus rationnels, réside dans le fait que les changements de comportement ne sont expliqués que par des changements de contraintes (prix ou revenu). Si les préférences sont données et si l'individu est libre de l'influence sociale quant à ses valeurs, tout le potentiel du pouvoir est exclu par hypothèse.

Pour pouvoir proposer une théorie économique du pouvoir, il faut modifier la fonction d'utilité usuelle qui devient : $U = U(X_i, E_i, S_i)$

avec :

- X_i : les biens consommés par i ;
- E_i : les conditions de l'environnement physique de i ;
- S_i : les conditions sociales dans lesquelles i se meut.

2.1.2/ Eléments du concept de pouvoir : définition et mesure

Quatre éléments définissent globalement le concept de pouvoir :

- il concerne les impacts que peuvent avoir les agents les uns sur les autres lorsqu'ils poursuivent cet objectif de maximisation sous contrainte. De ce point de vue, la distinction de Friedman (1962) entre les limites apportées au comportement par la nature et celles apportées par les autres individus est valide ;
- le pouvoir est infiniment variable ;
- il ne peut pas y avoir de relation de pouvoir entre des individus sans un contexte particulier (le pouvoir est situationnel, il dépend du contexte) ;
- le pouvoir est social en ce sens qu'il ne dépend pas d'un seul individu.

Il va finalement être défini comme « la capacité d'un agent à affecter les décisions prises et/ou le bien-être d'un autre agent relativement aux choix qui auraient été pris et/ou à son bien-être si le premier agent n'avait pas existé ou agi »⁴³, pour rendre compte de sa dimension essentielle qui est son impact éventuel sur la décision.

⁴³ Bartlett (1989, p. 30).

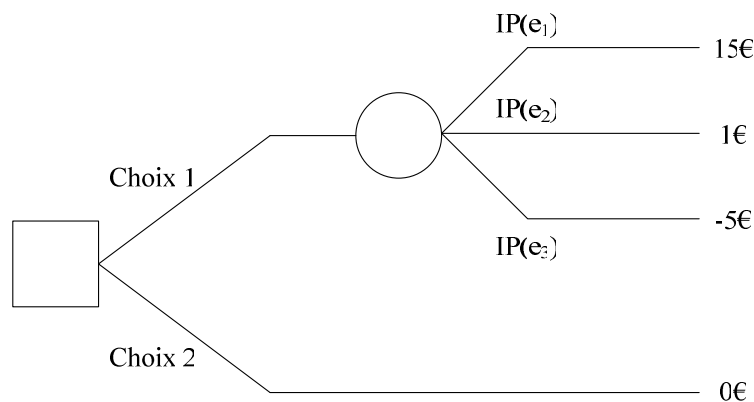
L'évaluation du pouvoir est mesurée par son impact sur le niveau d'utilité totale (défini comme la somme des utilités tout au long de la vie) : Soit W_1 le niveau de bien-être d'un acteur sans intervention extérieure et W_j ce même niveau avec intervention extérieure (exercice de pouvoir). Bartlett définit alors le pouvoir comme :

- positif si $W_j > W_1$;
- négatif si $W_j < W_1$;
- neutre si $W_j = W_1$.

Le niveau d'utilité atteint dépendant du choix effectué par l'agent (donc de son processus de décision), Bartlett associe naturellement le pouvoir à la théorie de la décision.

2.2/ Théorie de la décision et pouvoir

Bartlett étudie le pouvoir dans le cadre de la théorie de la décision⁴⁴ à l'aide des arbres de décision :



Le problème de décision illustré ici est caractérisé par un nœud de décision (avec deux choix), et un nœud aléatoire auquel sont associées les probabilités de réalisation d'événements $IP(e_i)$ et leurs gains respectifs. Par définition, l'agent ne contrôle pas le nœud aléatoire.

Pour Bartlett, c'est au niveau du nœud de décision que le pouvoir peut s'exercer, de la part d'un acteur susceptible de modifier le choix de chemin pris par un autre. Ce pouvoir peut prendre cinq formes principales :

⁴⁴ « Si la vie est un vaste arbre de décision, le comportement est représenté par les nœuds de décision où l'individu a quelque contrôle : il fait des choix, sélectionne le chemin de manière réactive et proactive. » Bartlett (1989, p. 41).

- le pouvoir économique simple : consiste à proposer une alternative supplémentaire et supérieure à celles dont dispose initialement l'agent décideur : « c'est un pouvoir bien identifié dans la théorie microéconomique. C'est la capacité de changer une décision en faisant une meilleure offre que n'importe qui d'autre ». Le pouvoir de monopole rentre dans cette catégorie dans la mesure où le décideur est libre d'accepter ou de refuser l'achat (à un prix supérieur au prix de concurrence parfaite) ;
- le pouvoir de contrôle de la décision : la théorie de l'agence est le contexte idéal pour représenter ce type de pouvoir puisque dans certains cas le décideur (le principal) abandonne le noeud de décision à l'agent, qui évalue les options et fait le choix pour lui. On retrouve ici la question du contrôle de l'information qui est une forme de pouvoir de contrôle de la décision ;
- le pouvoir sur les événements (modifie les résultats objectifs) : il peut être soit accordé par l'agent (ex : la décision de décider en premier dans un échange), soit non accordé (ex : les externalités négatives) ;
- le pouvoir sur le programme (*agenda power*) fait référence notamment au pouvoir bi-dimensionnel de Bachrach & Baratz (1970) dont le raisonnement peut être résumé ainsi : si les agents étaient parfaitement rationnels et donc capables d'identifier tous les choix possibles, la question du pouvoir ne se poserait pas. Dans la mesure où leur rationalité est limitée, ils ne peuvent considérer que des sous-ensembles de choix et la question de savoir qui décide des sous-ensembles (des options possibles) est liée au problème du pouvoir ;
- le pouvoir des valeurs : modifie les évaluations subjectives associées à chaque événement.

Ces différents types de pouvoir vont se manifester à différents endroits de l'arbre de décision. Le pouvoir de décision (simple ou celui concernant le contrôle des décisions) coïncide avec les actions prises aux nœuds de décision. Le pouvoir des événements se manifeste plutôt aux nœuds aléatoires et le pouvoir de programme (d'agenda) restructure la forme des branches possibles à un segment de l'arbre. Enfin, le pouvoir des valeurs se manifeste dans le changement des valeurs subjectives associées à chaque événement.

Une fois défini le cadre conceptuel, il reste à expliquer en quoi l'exercice du pouvoir peut être un comportement économique.

2.3/ L'exercice du pouvoir comme comportement économique dans le modèle standard

A partir du développement du modèle microéconomique standard, Bartlett définit toutes les conditions sous lesquelles le pouvoir n'existe pas⁴⁵ :

- chacun a une connaissance absolument parfaite et chacun le sait, ou bien ...
- chacun a exactement le même stock d'information incomplète, la même intelligence, le même stock de capital humain et donc aucune capacité à altérer le stock d'information de l'autre ou bien, ...
- l'information est asymétrique mais personne n'est prêt à tromper l'autre (à utiliser ses informations de manière stratégique), ou bien ...
- toute tentative d'utilisation de l'information inégale au détriment de l'autre est vouée à l'échec parce que le droit universel et légal de chacun à la vérité est applicable à coût nul ...

et simultanément ...

- tous les droits de propriété (concernant toute chose, tous les processus, toutes les idées) sont établis de manière absolue et ...
- tous les droits sont établis de manière parfaitement démocratique et ont l'accord unanime de tous les agents et ...
- tous ces droits ne peuvent être changés sans l'accord unanime des personnes potentiellement concernées et ...
- tous les droits peuvent être parfaitement mis en œuvre et appliqués à coût nul et ...
- toute contractualisation est infaillible ...

et simultanément ...

- les fonctions de préférence sont libres de toute influence sociale et sont immuables une fois conçues.

L'argument méthodologique de Friedman (1953) selon lequel seul le pouvoir prédictif d'un modèle compte (et pas le réalisme de ses hypothèses) rendrait la discussion des contraintes (fortes) présentées plus haut inutile s'il s'agissait juste d'utiliser le modèle pour prédire les choix. Naturellement, ces hypothèses sont souvent présentées de manière générale sous la forme d'hypothèses relatives aux fonctions de préférence données et fixées, aux dotations initiales en facteurs données et à l'information parfaite mais le point essentiel est ici que ce

⁴⁵ Bartlett (1989, p. 66).

type de modèle suppose l'absence de tout potentiel pour le pouvoir. Autrement dit, le fait de relâcher ces hypothèses contraignantes « ne prouve pas l'existence du pouvoir mais permet l'examen d'un potentiel pour le pouvoir »⁴⁶.

2.4/ Information, incertitude et pouvoir

Les travaux sur l'économie de l'information suggèrent que l'information n'est pas parfaite et que son acquisition est extrêmement coûteuse⁴⁷. Dès lors, dans le cadre du problème de décision représenté par un arbre de choix, personne ne dispose d'un arbre de décision objectif : « nous nous déplaçons sur des cartes définies par nos perceptions des arbres, qui en retour dépend de l'information dont nous disposons ». Autrement dit, « le fait de relâcher les hypothèses implicites d'omniscience ou d'un droit parfait à la vérité ouvre la porte au pouvoir »⁴⁸.

2.4.1/ Information imparfaite ou asymétrique, rationalité limitée

La plupart des travaux en économie de l'information reconnaissent que les individus agissent avec différents degrés d'ignorance et considèrent les implications en termes d'efficacité de l'information imparfaite mais peu explorent les implications de l'exercice du pouvoir. En réponse par exemple à une situation de risque (ou d'incertitude probabilisable)⁴⁹, on suppose que les agents réalisent soit des actes « terminaux », qui établissent des règles de décision face au risque (adaptation à un risque inévitable), soit des actes « informationnels » qui ont pour but de déterminer des stratégies optimales de recherche d'information. La question est dans ce dernier cas de savoir quelle est la recherche optimale par le décideur, et non quelle est l'altération optimale des probabilités d'acquisition d'information de celui-ci par quelqu'un d'autre. La recherche optimale s'arrête lorsque le bénéfice marginal d'une information égale son coût marginal ; cela demeure un phénomène individuel et non social.

⁴⁶ Bartlett (1989, p. 67). Il ajoute par ailleurs que les hypothèses du modèle standard « dictent les réponses mais ne peuvent justifier l'absurdité des hypothèses » si ces dernières restreignent de manière forte les conclusions possibles que l'on pourrait apporter concernant le rôle potentiel du pouvoir dans l'interaction des agents économiques.

⁴⁷ Cf. annexe 1.

⁴⁸ Bartlett (1989, p. 76).

⁴⁹ Rappelons que ces deux notions sont équivalentes pour Hirshleifer & Riley (1979, 1992).

Par ailleurs, dans une situation de rationalité limitée, les individus sont des candidats naturels à la manipulation par d'autres mais aucun des auteurs n'a poussé les implications des modèles jusqu'à ce point. Il semblerait ainsi que les économistes aient « introduit le pouvoir partout. Peu l'ont reconnu cependant, et il reste largement à découvrir »⁵⁰.

Toute personne exerçant potentiellement un pouvoir qui peut altérer la nature de la perception du segment observé peut altérer le comportement du décideur, à condition bien sûr que cela ne soit pas trop coûteux et qu'il en tire lui-même un bénéfice.

2.4.2/ L'information imparfaite et/ou asymétrique comme potentiel de pouvoir

Dans le contexte de la recherche d'information, celle-ci est possédée par des individus ayant investi pour cela et qui ne sont pas prêts à la céder gratuitement, sans contrepartie. Si l'information est privée, elle fait ainsi partie « de l'arsenal stratégique disponible pour s'engager dans les interactions sociales »⁵¹. Par ailleurs, un individu peut cacher sciemment de l'information afin d'influencer le comportement d'un autre agent et il exerce alors du pouvoir.

Dans un contexte de rationalité limitée, le pouvoir peut être exercé de trois manières :

- l'information peut être manipulée de telle manière qu'elle modifie la nature de l'arbre de décision tel qu'il est perçu par le décideur (son architecture) ;
- l'information peut être manipulée pour modifier la nature des événements aléatoires. Les décideurs répondent à des événements extérieurs dont ils n'ont qu'une information partielle et on peut essayer de changer leur perception de la réalité ainsi que les options de choix ;
- on peut essayer de modifier la valeur et le classement des options de réponse à ces événements. Il s'agit alors de déterminer les gains perçus des différentes options.

Finalement, l'influence sur le stock d'informations peut recouvrir différentes formes de pouvoir. Elle peut être du pouvoir économique simple comme le montre l'exemple de la publicité (Nelson, 1974), où les théories du signal (Spence, 1973). Cela est souvent perçu comme du pouvoir positif à la fois pour celui qui l'émet et celui qui le reçoit. La manipulation

⁵⁰ Bartlett (1989, p. 84). Ainsi « ces deux champs théoriques particuliers nous laissent avec des acteurs luttant pour dépasser leur ignorance et leur connaissance limitée des choix et des événements qui déterminent leur vie. Ils doivent naviguer sans cartes parfaites à l'aide de compas imparfaits. Les choix qu'ils font ne sont pas basés sur des arbres de décision parfaitement spécifiés et complets. Ils sont faits sur la base de leurs perceptions de segments de l'arbre ».

⁵¹ Bartlett (1989, p. 85).

du stock d'informations peut aussi relever du pouvoir de contrôle de la décision. Par ailleurs, la manipulation de l'information peut concerner non pas ce qui est susceptible de se produire (dans le futur) mais ce qui s'est effectivement produit (dans le passé). En effet, lorsque des événements se sont déroulés, c'est la perception qu'en a le décideur qui est importante. On peut ainsi changer la nature des événements pertinents. Enfin, le pouvoir des valeurs (par exemple les modes) joue dans la mesure où le décideur n'est pas seulement dépendant des sources d'information humaines mais aussi de la manière dont les autres accordent de la valeur à des résultats particuliers.

L'information imparfaite et asymétrique crée donc des opportunités pour l'exercice de toutes les formes de pouvoir mais au fur et à mesure que le système économique se développe, certaines caractéristiques des situations de marché ont tendance à augmenter l'efficacité d'autres formes de pouvoir que le pouvoir économique simple. Ces facteurs sont l'augmentation de la délégation des décisions, l'augmentation de la complexité des processus et produits et l'accroissement du contrôle de l'environnement par les organisations. Finalement, le pouvoir apparaît lorsque l'information s'accroît en volume et en complexité. Dans ce contexte, les marchés ne sont pas une défense parfaite face au pouvoir. Ce sont les interférences politiques et légales entre les marchés et les individus qui peuvent être considérées comme des réponses pertinentes.

2.5/ Du pouvoir de marché au pouvoir dans les organisations

2.5.1/ Les organisations comme réponses au pouvoir de marché

Les sujets de ce pouvoir potentiel peuvent chercher à réduire ses effets négatifs en remplaçant les interactions marchandes directes par les structures administratives que sont les organisations, c'est-à-dire en créant des relations institutionnelles conçues pour contrecarrer les effets les plus néfastes de l'asymétrie informationnelle.

Comme on l'a vu au chapitre 1, les organisations peuvent être appréhendées comme une réponse nécessaire aux problèmes informationnels : il existe des agents spécifiques exerçant un contrôle sur l'information et sur les événements cruciaux pour le partenaire à l'échange : c'est donc selon Bartlett une « réponse à l'introduction du pouvoir sur les marchés »⁵².

⁵² « Elles parlent toutes des problèmes de coûts des marchés imparfaits sans insister sur le fait que ces coûts sont sous le contrôle explicite d'autres êtres humains, c'est à dire qu'ils sont du pouvoir » (Bartlett, 1989, p. 103).

Ces approches ne tirent cependant pas toutes les conséquences des problèmes liés aux coûts d'utilisation des marchés qu'elles identifient. Ces coûts en effet ne sont pas générés par l'action d'un agent en dehors de la sphère économique, la nature (abstraction de la plupart des théoriciens orthodoxes), mais sont le produit d'actions humaines conscientes. Cela implique que la substitution des structures administratives aux marchés est susceptible de créer d'autres manifestations du pouvoir : « si les organisations existent parce qu'il est impossible de coordonner parfaitement le comportement (des agents économiques) via le marché dans un monde d'information imparfaite et de transactions coûteuses, il semblerait surprenant d'abandonner ces hypothèses au sein de la firme ou l'organisation »⁵³.

Les organisations sont formées d'un ensemble de personnes liés par une structure formelle de rôles et d'autorité : ce sont des structures d'acteurs chargés de prendre des décisions pour les autres. Elles sont donc des lieux où s'exercent des relations de pouvoir. Par exemple, dans un modèle principal/agent, chaque partie dispose d'un potentiel pour exercer du pouvoir, à moins que n'existent des mécanismes qui :

- révèlent aux agents une spécification complète des fonctions de préférence du principal ;
- révèlent au principal le processus complet des processus de pensée et d'action des agents ;
- fournissent des incitations parfaites aux agents, sous le contrôle complet et sans coût du principal, afin que ceux-ci maximisent l'utilité du principal.

Or ces mécanismes ne peuvent exister sans l'hypothèse d'omniscience parfaite du principal qui nous ramène dans le cas particulier du modèle walrasien. Finalement, « la présence même des relations d'agence prouve l'imperfection des relations d'agence »⁵⁴.

2.5.2./ Quelles formes de pouvoir dans la relation d'agence ?

Le pouvoir économique simple ne prédomine plus dans une structure organisationnelle qui détermine les interrelations entre les arbres de décision des agents individuels. Dans une structure formelle, le principal peut déléguer l'autorité explicite de la prise de décision, ce qui introduit un degré de pouvoir de décision.

Les agents sont aussi susceptibles d'avoir un pouvoir sur les événements (dans le contexte de la prise de décision) donc sur le principal qui dans une chaîne hiérarchique est responsable des décisions prises par ses subordonnés.

⁵³ Bartlett (1989, p. 107).

⁵⁴ Bartlett (1989, p. 109).

Enfin, en ce qui concerne le pouvoir des valeurs, Arrow (1976, 1985) suggère que la base du comportement, loin d'être ancrée dans des fonctions d'incitations soigneusement choisies, se trouve plutôt dans les relations sociales qui affectent les actions des agents. Le comportement résulterait « des systèmes d'éthique, intériorisés durant le processus d'éducation et mis en œuvre dans une certaine mesure par les sanctions formelles et plus largement par les réputations. Au final bien sûr ces systèmes sociaux ont des conséquences économiques, mais ce ne sont pas celles immédiatement décrites dans les modèles principal-agent »⁵⁵.

Conclusion de la section 2

Plutôt que de partir du postulat énonçant que le pouvoir existe, Bartlett essaie de déduire un potentiel de pouvoir du fait que les organisations sont elles-mêmes des structures d'agence imparfaites. La firme, conçue comme une réponse aux problèmes informationnels identifiés d'abord sur les marchés, tendrait alors à accorder du pouvoir à certains de ses membres en fonction de leur position dans la structure. Le glissement des marchés vers les organisations, en ne résolvant pas intégralement les problèmes d'information liés aux échanges, ne résoudrait pas non plus les phénomènes de pouvoir engendrés par les comportements des agents économiques vis-à-vis de l'information : « sur les marchés imparfaits il y a un pouvoir réel. Quand les organisations sont substituées à ces marchés, il y a un pouvoir réel. Il y a du pouvoir en leur sein. Il y a du pouvoir en dehors. Il n'y a apparemment pas d'échappatoire possible »⁵⁶.

Section 3 : L'intégration des phénomènes de pouvoir dans le *mainstream*

Bien que peu nombreuses, les tentatives d'intégration des phénomènes de pouvoir dans la théorie standard n'en sont pas pour autant homogènes. Cette section développe trois types d'approches qui concernent respectivement les activités d'influence dans l'organisation, la délégation de l'autorité et enfin une articulation plus générale entre pouvoir et politique dans la firme.

⁵⁵ Arrow (1985, p. 50).

⁵⁶ Bartlett (1989, p. 120).

3.1/ Les activités d'influence

3.1.1/ Le modèle de Milgrom & Roberts

Milgrom & Roberts (1988)⁵⁷ remarquent que les membres d'une organisation passent un temps considérable à essayer d'influencer les décideurs en manipulant l'information. L'exercice de ces activités peut quelquefois être bénéfique pour les organisations mais il engendre une série de coûts. Les auteurs proposent dans leur modèle une explication de l'occurrence des activités d'influence comme le produit d'un jeu croisé entre des membres rationnels à la poursuite de leur intérêt personnel⁵⁸. Ils insistent tout particulièrement sur les questions relatives aux incitations et aux compensations qui ont été la plupart du temps étudiées dans le cadre de modèle formels de type principal-agent.

Leur explication repose sur l'existence d'asymétries informationnelles⁵⁹. Ils supposent que l'information pertinente pour l'organisation est détenue par des individus non-décideurs mais directement intéressés par le résultat des décisions⁶⁰. Dans une telle situation, les membres de l'organisation sont incités à essayer de manipuler l'information qu'ils fournissent afin d'influencer les décisions à leur profit, que ce soit sous la forme de mensonges, omissions ou encore en présentant l'information de manière à influencer le décideur. La source d'influence supposée est la capacité d'un employé à fournir une information utile sur son niveau de productivité dans un job « clé ». Cette information doit être créée, ce qui demande du temps et de l'effort⁶¹.

⁵⁷ Remarquons que cet article a été publié dans The American Journal of Sociology. Milgrom (1988) en fournit une version formalisée.

⁵⁸ Ils évacuent du même coup, à l'instar de ce que fait Williamson lorsqu'il introduit l'opportunisme toute tentative d'explication par une simple recherche de pouvoir, comme l'attestent les deux hypothèses p.160 : les subordonnés ne sont intéressés que par leur revenus monétaires anticipés, les décideurs essaient de maximiser les rendements nets de l'organisation (les profits).

⁵⁹ Mais les agents sont parfaitement rationnels : « l'information peut être transmise, assimilée, mesurée précisément et sans coût, de telle manière que tous les acteurs soient capables de faire des calculs compliqués et de tenir des raisonnements extrêmement subtils ».

⁶⁰ Gibbons (2003, p. 770) remarque dans sa note de bas de page une différence entre les modèles de signaux (Spence, 1973) et le modèle de Milgrom & Roberts (1988) : « [...] dans les modèle de signaux, celui qui envoie le signal a une information privée qu'il essaie de signaler, dans les modèles d'activité d'influence, celui qui influence n'a pas d'information privée à signaler, il essaie néanmoins de changer la croyance du décideur afin d'influencer sa décision ». Cette affirmation nous semble imprécise au regard de l'extrait suivant tiré de Milgrom & Roberts (1988, p. 156) : « On admet qu'une partie de l'information importante pour que l'organisation prenne de bonnes décisions n'est pas directement disponible pour ceux en charge des décisions. Au lieu de cela, elle est localisée au niveau [...] d'autres individus ou groupes qui ne sont pas autorisés à prendre les décisions mais qui ont un intérêt direct dans leurs conséquences ». La base de leur argumentation est justement que l'agent a une information privée ou est susceptible de la produire.

⁶¹ Milgrom & Roberts (1988, p. 165).

Le problème pour l'organisation est que cette activité d'influence peut être coûteuse à plusieurs titres :

- le biais informationnel qu'elle suscite peut conduire à des décisions inefficaces pour l'organisation ;
- le temps et l'effort consentis dans cette activité sont des ressources dont les utilisations alternatives ont de la valeur pour le principal.

Pour réduire ces coûts en limitant les activités d'influence, l'organisation peut adopter trois comportements :

- couper les réseaux de communication, au moins pour certaines décisions : le problème est que dans ce cas l'information pertinente n'est plus disponible. De plus il n'est pas toujours possible de le faire ;
- avec des canaux de communication ouverts, les décideurs peuvent aussi choisir des règles qui limitent leur propre pouvoir de décision (promotions systématiquement à l'ancienneté etc...) ;
- l'organisation peut essayer de faire en sorte de s'assurer que les intérêts sont convergents ou de convaincre les membres que seule la réalisation des objectifs de l'organisation peut leur être profitable. Ce mécanisme est également coûteux à mettre en œuvre.

Les deux dernières solutions renvoient à la modification des structures et des processus internes à l'organisation, permettant éventuellement d'arriver à une structure de type « équipe » dans laquelle les membres partageraient un objectif commun. Un aspect novateur de leur approche est ainsi qu'elle montre en quoi la conception même de l'organisation, en termes de politiques de participation à la décision, de critères de promotion, de développement d'une culture d'entreprise devient une variable qui est utilisée pour atteindre une bonne performance en présence de problèmes informationnels.

Pour Gibbons (2003, p. 771), Crozier (1963, p. 45) avait déjà exploré la première situation consistant dans la coupure totale des canaux de communication entre des chefs de section concurrents pour l'obtention de ressources rares, et chargés de rendre compte aux seuls dirigeants de leurs divisions respectives. L'activité de *lobbying*⁶² décrite par Crozier, effectuée

⁶² L'idée est la suivante : les décideurs ne reçoivent de l'information que de leurs chefs de section mais ces derniers sont en concurrence pour l'obtention de ressources (rares) qui vont leur permettre de faire tourner leurs unités. Ils sont donc incités premièrement, à biaiser l'information qu'ils transmettent pour obtenir le maximum

par les chefs de section vis-à-vis de leurs supérieurs hiérarchiques, a été modélisée par Gibbons (1999, 2003).

3.1.2/ Les activités de *lobbying* : Crozier (1963) revu par Gibbons (1999, 2003)

Soit une firme divisionnelle dans laquelle le siège est chargé d'allouer le capital aux différentes divisions. Gibbons formule deux hypothèses :

- le siège ne connaît pas le profit que les divisions sont susceptibles de réaliser à partir d'un montant de capital donné, il ne peut donc pas déterminer le montant de capital qui permet de maximiser les profits de la firme ;
- les divisions veulent obtenir le plus de capital possible.
-

Dans ce cas, le siège est confronté au même problème que le directeur de division de Crozier (1963) en ce sens qu'il peut collecter de l'information pour améliorer sa prise de décision mais il devra alors en supporter des effets potentiellement indésirables.

Le modèle s'intéresse spécifiquement à deux acteurs qui sont le siège et une division.

Soient x le montant de capital que le siège décide d'allouer à la division et θ le capital qui permettrait de prendre une décision optimale. Le siège souhaiterait pouvoir allouer $x = \theta$ mais il ne connaît pas θ .

Pour compléter le modèle, Gibbons détermine la structure d'information, les fonctions d'utilité et le timing des activités.

La structure d'information

Le siège croit à partir des informations disponibles que $\theta \sim \mathcal{N}(m, v)$ et peut collecter de l'information supplémentaire θ sur sous la forme d'un signal bruité de θ , noté s , dont la valeur dépend de la valeur de θ , d'une activité $L \geq 0$ engagée par la division de manière à accroître la valeur du signal et d'un aléa $\varepsilon \sim \mathcal{N}(0, v_\varepsilon)$. Le siège observe s mais pas ses composantes.

de ressources et des faveurs personnelles leur permettant de faire fonctionner leur unité dans de bonnes conditions, deuxièmement de mettre la pression sur le responsable de division afin qu'il ne rentre pas en relation avec un autre collègue qu'il pourrait favoriser à leurs dépens.

Les fonctions d'utilité

Le niveau d'utilité du siège est défini par $U_h = -(x - \theta)^2 - L$.

Cette fonction d'utilité synthétise à la fois le fait que le siège cherche à réduire au maximum l'écart entre x et θ et le fait que l'activité de *lobbying* est contre-productive

Le niveau d'utilité de la division est défini par $U_d = x - c(L)$ avec $c(L) = (\frac{1}{2})L^2$.

La division veut recevoir autant de capital que possible mais supporte un coût de l'activité de lobbying (qui la détourne d'autres activités qui permettraient d'améliorer ses performances productives) noté ici $c(L)$.

Le timing

Période 0 (début du jeu) : le siège choisit une règle d'allocation du capital en fonction du signal de la forme $x = d + bs$ avec d et b des paramètres que le siège annonce à la division, supposés fixes dans le temps.

Période 1 : la division choisit L , le niveau de ses activités d'influence

Période 2 : le siège observe s

Période 3 : le siège alloue le capital selon la règle

Période 4 : le siège reçoit U_h et la division U_d

On déduit alors la règle optimale d'allocation (d et b) à partir du niveau de *lobbying* optimal de la division.

Etape 1 : le problème de la division est de choisir L qui maximise son espérance d'utilité pour d et b :

$$\max_L E(U_d) = E(d + bs) - c(L) \Leftrightarrow \max_L E(U_d) = E[d + b(\theta + L + \varepsilon)] - \frac{1}{2}L^2$$

qui donne comme solution⁶³ $L^* = b$.

Ce résultat est conforme à l'idée selon laquelle plus le poids accordé par le siège au signal dans la règle de choix de l'allocation optimale est important, plus le niveau de *lobbying* est élevé.

⁶³ La condition du premier ordre donne immédiatement : $\frac{\partial E(U_d)}{\partial L} = b - L = 0 \Leftrightarrow L^* = b$.

Etape 2 : le problème du siège est de choisir d et b qui maximisent son espérance d'utilité sachant que la division choisira $L^* = b$. Le calcul⁶⁴ des solutions donne :

$$b^* = \frac{v - 1/2}{v + v_\epsilon}$$

La valeur de b^* dépend donc de l'incertitude du siège quant à l'allocation optimale de capital (mesurée par la variance de θ) et du bruit du signal (mesurée également par sa variance). Si la variance de l'allocation optimale de capital est suffisamment faible⁶⁵ ($v < 1/2$) alors le siège choisira $b^* = 0$ ce qui aura pour effet d'annuler les coûts du *lobbying*. On retrouve ici le modèle de Crozier. Dans le cas où les chances de se tromper sont fortes, l'incitation du siège à collecter des informations supplémentaires augmente également et avec elle les coûts de *lobbying*. Quel que soit le cas, cette collecte d'information ne permettra pas d'arriver à l'optimum de premier rang. En effet, si le siège décide de l'allocation optimale du capital sans prendre en compte le niveau optimal de *lobbying* de la division, on obtient la nouvelle valeur de b^* , notée B^* est qui est égale à :

$$B^* = \frac{v}{v + v_\epsilon}$$

Comme $b^* < B^*$, la prise en compte des coûts de *lobbying* (donc des activités d'influence) va amener le siège à minorer la pondération associée au signal, avec pour conséquence le fait qu'il va choisir intentionnellement de négliger des informations potentiellement importantes pour calculer sa solution optimale.

Finalement, ce type de modèle ne conduit qu'à un optimum de second rang dans la mesure où il ne va pas conduire à la meilleure situation informationnelle pour le décideur. Celui-ci est confronté à un arbitrage entre la prise d'information qui génère des coûts de *lobbying* et le manque d'information qui va produire des décisions de mauvaise qualité. Un avantage de ce modèle est qu'il semble rendre compte de la théorie non formalisée de Crozier (1963) en y ajoutant une condition sur le degré d'incertitude quant à l'allocation optimale.

3.1.3/ Les conflits ouverts en organisation

Rotemberg et Saloner (1995) développent une approche inspirée de la théorie des activités d'influence à partir de laquelle ils montrent que le développement de conflits entre fonctions au sein de l'organisation peut être bénéfique pour le principal dans son activité de prise de

⁶⁴ Notre calcul fourni en annexe 4 identifie une faute de frappe dans la note 10 p. 151 de l'article de 1999.

⁶⁵ Autrement dit si la probabilité de faire un choix fortement inapproprié est faible.

décision. Ils étudient plus particulièrement les décisions de croissance interne qui peuvent *a priori* prendre deux formes : une augmentation de capacités de production d'un bien déjà produit ou bien une diversification de la production. Deux types d'agents sont présents : les « manufacturiers » et les « commerciaux ». Ces agents connaissent la volonté d'expansion de la firme. Ils vont entrer en conflit entre eux dans la mesure où le choix de tel ou tel mode de développement favorise une compétence fonctionnelle particulière : l'augmentation des capacités de production favorise les manufacturiers, la diversification favorise les commerciaux. La fonction nécessaire à tel mode de développement sera davantage rétribuée. Les fonctionnels vont donc utiliser des ressources pour capter des rentes organisationnelles. Selon la position *a priori* du principal sur le mode d'expansion à adopter, les fonctionnels envoient des signaux, des informations, sur les revenus nets liés au mode de développement réclamant leur compétence. Le conflit qui se traduit à travers ces signaux, sous la forme d'arguments et de contre arguments, est utilisé par le principal pour affiner sa position initiale. Il est éventuellement susceptible d'entraîner une inversion de cette position. Si les coûts liés aux conflits s'avèrent trop importants, les dirigeants peuvent les réduire en favorisant systématiquement une fonction par rapport à l'autre (i.e. en choisissant une stratégie « générique » de minimisation des coûts ou de différenciation).

3.1.4/ Les coalitions en organisation

Tirole (1986) développe quant à lui un modèle d'aléa moral comprenant trois niveaux : le principal, l'agent producteur et un superviseur⁶⁶. L'agent choisit son niveau d'effort après avoir observé la réalisation de l'état de nature ; le superviseur pouvant observer cette réalisation ou ne rien observer. Dès lors que la rémunération du superviseur est indépendante de l'information remontée par lui, Tirole montre qu'il existe une possibilité de collusion entre l'agent et le superviseur, reposant d'un côté sur un message manipulé du superviseur vers le principal, et d'un autre côté sur des « transferts cachés » de l'agent vers le superviseur. Ce type de compensation définit un contrat annexe entre les membres de la coalition dont les modalités restent inconnues du principal. En effet, le principal ne peut devenir membre d'une coalition, car celle-ci « se produit naturellement entre les parties informées de l'organisation, c'est-à-dire à l'intérieur d'un groupe qui a la possibilité de manipuler l'information qui est transférée vers le reste de l'organisation (ici, vers le principal) » (p. 198). Les contrats

⁶⁶ Laffont (1988) introduit un deuxième agent dans son modèle, ce qui multiplie les formes de collusion possibles.

proposés par le principal doivent tenir compte *ex ante* des « collusions potentielles » selon un principe d'équivalence pour l'agent et le superviseur.

Breton (1995), s'appuyant sur la théorie des transactions informelles (Breton & Wintrobe, 1982, Wintrobe & Breton, 1986), tente d'étendre la théorie des coalitions de Tirole en y intégrant la dimension verticale des collusions, c'est-à-dire les cas où le principal est inclus dans celles-ci. Cette théorie repose sur deux hypothèses.

La première hypothèse est que le comportement d'un agent est fonction de la confiance accordée à son interlocuteur, quelle que soit la place de ce dernier dans la structure formelle de l'organisation. La confiance est ici définie comme un actif cumulatif produit et stocké dans les relations entre personnes ; elle constitue une garantie d'imposition d'accords entre les parties. Elle peut exister horizontalement, entre agents. Dans ce cas, le volume de confiance est lié à des transferts cachés similaires à ceux étudiés par Tirole. Elle peut également exister verticalement, entre agents et principal. Dans ce cas, le volume de confiance est lié à certains paiements du principal, paiements pouvant prendre la forme de rémunérations supérieures ou de promotions, par exemple. Des réseaux de confiance horizontaux et verticaux se constituent ainsi dans l'organisation. Ces réseaux se caractérisent par leur étendue, leur densité et les barrières à l'entrée qui leur sont associées.

La deuxième hypothèse de la théorie des transactions informelles établit un pont entre la nature des réseaux de confiance et l'efficacité de l'organisation. Du point de vue du principal, les réseaux horizontaux ont un impact négatif sur l'efficacité, à l'inverse des réseaux verticaux. Le principal dispose de moyens incitatifs pour à la fois développer les relations verticales et réduire les relations horizontales, ces moyens étant eux-mêmes coûteux à mettre en œuvre : le *turnover*, qui diminue simultanément les transactions horizontales et verticales, peut sous certaines conditions avoir un effet positif sur l'efficacité organisationnelle ; certains avantages non contractuels proposés par le principal, les promesses de promotion, par exemple, permettent un accroissement des transactions verticales (Wintrobe & Breton, 1986).

3.1.5/ Illustration d'une démarche pragmatique en économie des organisations

A ce stade du développement, nous illustrons la démarche pragmatique de l'économiste des organisations, relativement aux enseignements et faits stylisés extraits d'autres sciences sociales, à partir de la problématique sociologique de l'innovation organisationnelle et des enjeux de pouvoir que cette innovation génère.

Il s'agit ici de montrer que les références appelées précédemment dans cette section peuvent être utiles pour traduire cette problématique sociologique en des termes purement économiques d'une part, et qu'elle suggère des programmes de recherche théorique qui viennent augmenter la portée de ces références d'autre part.

L'œuvre sociologique que nous mobilisons est celle de Norbert Alter. Elle a en commun avec de nombreuses études sociologiques sur l'innovation organisationnelle 1) de considérer l'individu membre de l'organisation comme la source principale de l'innovation organisationnelle, 2) d'analyser la diffusion des inventions individuelles par le biais de la constitution de groupes *ad hoc* portant celles-ci. Ce processus de diffusion est non linéaire et discontinu, en ce sens qu'il est par nature conflictuel.

Chez Alter, le passage entre un apprentissage de type individuel et la constitution conjointe de groupes portant l'invention au niveau de l'organisation (groupes « innovateurs ») et de groupes luttant contre sa diffusion (groupes « légalistes »), est étudié précisément dans un ouvrage de 1985 (où est développée la notion d'« inventivité »). L'attitude managériale face aux conflits entre groupes est analysée dans un article de 1991 (qui développe la notion d'« institutionnalisation » des comportements). L'articulation entre la diffusion au sein de l'organisation des pratiques inventives et les critères de jugement / d'évaluation de l'action collective est davantage traitée dans un article de 1993.

Trois types de constats effectués par l'auteur nous intéressent ici :

- l'« inventivité » caractérise un comportement particulier de l'agent faisant face à un système technique (plus globalement, un environnement de choix) complexe et incertain ;
- les pratiques inventives se font contre les « institutions » en place, ce qui est à l'origine de certains conflits « ouverts » avec une frange de participants nommés « légalistes » ;
- les innovateurs fondent économiquement leur légitimité en tant que collectif dans l'organisation, en ce sens que leur activité comble certains vides managériaux au niveau de la perception des capacités organisationnelles. Ceci amène les directions à arbitrer quelquefois en faveur du « désordre », du contournement de la règle. Quelquefois, cependant, cet arbitrage se fait en faveur du groupe légaliste par « institutionnalisation », retour à l'ordre, rationalisation *a posteriori* des pratiques inventives.

Ces constats peuvent être recadrés par rapport aux enseignements du courant sociologique de l'analyse stratégique (Crozier, 1963, Crozier et Friedberg, 1977, Friedberg, 1993), plus

précisément par rapport à la représentation de la dynamique des « Construits d'Action Collective » (C.A.C.). Un C.A.C. répond à un problème, une incertitude « naturelle » (non construite, perçue comme étant objective dans le court terme) d'origine externe par un double processus de transformation : un passage de l'incertitude naturelle à une incertitude « artificielle », guidant l'interprétation des problèmes, suivi de la définition collective d'une solution contrainte par la première transformation (et par là pouvant être totalement inadaptée au problème posé).

L'incertitude artificielle, pour Alter (1993), correspond à une construction sociale fondée uniquement sur des comportements stratégiques « autorisant le marchandage et assurant l'équilibre du système » (pp. 193-194). Les constats notés précédemment font dire à Alter qu'une autre forme d'équilibre peut être atteinte, « passant par la création d'incertitudes objectives s'opposant aux incertitudes objectives initiales [...] Il semble bien que ce type de jeu soit le seul qui permette de transformer l'organisation et de sortir de la logique des cercles vicieux bureaucratiques » (p. 194).

Autrement dit, pour résoudre un problème perçu collectivement, le C.A.C. crée consciemment d'autres problèmes. Rien ne nous empêche de prolonger à l'infini le raisonnement : le C.A.C. crée des problèmes pour répondre aux problèmes qu'il a créés, etc. L'équilibre du système social nécessite ici des conditions supplémentaires ; Alter va les chercher du côté des théories de la contingence structurelle (voir chapitre suivant). La non-organisation laisse place à l'organisation innovante.

La critique de l'analyse stratégique faite par Alter est à nuancer. Crozier et Friedberg (1977) nous disent bien que collectivement les membres du système social « apprennent » les effets pervers des cercles vicieux bureaucratiques et prennent conscience d'un changement nécessaire, qui prend alors une forme assez brutale, les « acteurs » étant le plus souvent prisonniers des systèmes d'actions qu'ils ont construits. L'inventivité est donc implicitement présente dans le modèle des C.A.C. et l'opposition *a priori* entre deux formes typiques de construits sociaux, bureaucratiques et innovants, se transforme en un enjeu de temps et d'intensité de changement des formes réelles de ces construits.

L'originalité de Alter par rapport à Crozier et Friedberg est cependant importante : elle consiste en une explicitation extrêmement fine des processus de dynamique organisationnelle. Ces processus ont pour base l'individu en contexte. Dans son ouvrage de 1985, compilant ses études sur les effets de l'introduction de nouvelles techniques bureautiques dans certains services d'une grande administration, Alter note que la rupture inventive liée à l'introduction

des nouvelles techniques ne touche que certaines personnes, sur certaines de ces techniques, et uniquement à moyen terme, après une forme d'apprentissage individuel particulière, qualifiée de « culturelle », apprentissage qui n'exclut pas un rapport ludique au système technique. L'inventivité est en quelque sorte une phase de prise de conscience des enjeux de pouvoir engendrés par ce système, et s'accompagne d'une progressive rationalisation de l'action qui va dans le sens de l'« efficience » (ici définie comme l'utilisation maximale des potentialités techniques) qui fonde la légitimité non réglementaire de l'inventeur. Sa capacité d'action passe cependant nécessairement par la constitution d'un collectif, d'une « communauté », astreignant en termes d'investissement personnel mais en elle-même peu contraignante (il est possible de la quitter à moindre coût, par opportunisme ou « lassitude »). Les objectifs, méthodes, relations, structures étant plus que localement remis en cause, le groupe innovateur constitué se heurte à un groupe legaliste qui prône le contrôle strict des procédures organisationnelles prescrites, contrôle qui est à la base de la légitimité économique de ce groupe dans l'organisation. Il appartient aux directions de « gérer le désordre » en se positionnant comme arbitre entre ces « légitimités en concurrence ». Ces directions peuvent favoriser un temps les innovateurs et tolérer l'écart au prescrit, car ils permettent le développement économique de l'organisation ; ils peuvent également institutionnaliser les pratiques innovantes pour « assurer un contrôle social sur les turbulences de l'innovation ». C'est uniquement au stade de l'institutionnalisation que la dimension organisationnelle de l'innovation apparaît.

Une fois présentés ces éléments essentiels de l'analyse stratégique « critique » de Alter, il convient de s'interroger sur la manière dont ils peuvent intéresser l'économiste de l'organisation. Selon nous, quatre thèmes majeurs semblent concernés. Tout d'abord, l'objectivité du comportement individuel et une complexité minimale d'interaction entre l'individu et son environnement de choix peuvent caractériser la phase d'émergence de l'innovation organisationnelle. La prise en compte de phénomènes informels dans un cadre non coopératif peut permettre de traiter de la constitution des groupes et de l'endogénéisation des conflits. Insister sur le rôle d'arbitrage des dirigeants dans la gestion des conflits ainsi que sur leur capacité de prise de décision discrétionnaire pourrait illustrer les caractères non linéaires et discontinus des processus de diffusion et d'adoption de l'innovation. Enfin, identifier « l'efficience globale » (Ménard, 1990) à la capacité managériale d'orientation de la dynamique organisationnelle peut caractériser l'évaluation du processus d'innovation. La

plupart de ces conditions figurent dans les modèles que nous avons présentés dans cette section.

En effet, une phase d'apprentissage est décrite et préalable au conflit dans le modèle de Rotemberg & Saloner (1995) ; elle permet de contextualiser le comportement des membres de l'organisation (agents) par rapport à leur appartenance à une fonction. L'objectivité du comportement individuel apparaît comme le résultat de ce qu'on pourrait appeler un « arrangement structurel » particulier dans lequel les directions (principal) favorisent une remontée d'information à partir de la concurrence conflictuelle entre les fonctions. Les implications stratégiques semblent relativement claires en fonction des coûts engendrés par le déroulement des conflits ouverts.

Par ailleurs, le cadre proposé par Rotemberg & Saloner (1995) pourrait intégrer d'une façon fructueuse beaucoup de faits stylisés identifiés par les sociologues de l'organisation. Cependant, s'il constitue un dépassement de la théorie des activités d'influence, il réduit d'une certaine façon également celle-ci.

Sur le premier point, comme le notent les auteurs (p. 642), l'arrangement structurel qu'ils analysent se distingue de ceux proposés par Milgrom & Roberts (1988). Selon les initiateurs de la théorie des activités d'influence, les arrangements proposés n'ont de sens que s'il y a ignorance par le principal du montant des ressources utilisées pour influencer les décisions discrétionnaires ; une telle condition n'est pas nécessaire dans le modèle de Rotemberg et Saloner. En effet, cet arrangement structurel particulier se traduirait par ce que nous appellerions, à la suite de Wintrobe & Breton (1986), la constitution d'un « réseau de confiance vertical ».

Sur le deuxième point, il est probable qu'en modifiant de façon marginale le modèle, par exemple en « augmentant » l'horizon temporel (ou bien le nombre de fonctions), des possibilités d'arrangements horizontaux entre agents occupant des fonctions différentes et se faisant au détriment du principal pourraient être envisagées. Une remarque de Charreaux (1990) concernant la concurrence entre « bureaux » dans le modèle de comportement bureaucratique de Breton & Wintrobe (1982) illustre une autre voie de prolongement : « La compétition entre bureaux ne révèle pas au sponsor si les bureaux sont inefficients ou efficaces, mais uniquement leur capacité de comportement sélectif, c'est-à-dire en fait leur capacité à convaincre le sponsor qu'ils sont efficaces » (p. 149). Il convient alors de prendre en compte, de manière générale, la capacité des agents à agir de manière collusive et sélective au sein de l'organisation, et analyser les arrangements structurels permettant au principal

d'orienter ces capacités. Les théories des collusions et des transactions informelles fournissent justement une piste générale d'étude de ces arrangements.

Chez Alter, l'« efficience » de l'action en organisation est liée à la constitution d'une capacité particulière que cet auteur appelle « communauté d'innovateurs » ; cette forme de l'action collective correspond clairement dans le cadre de la théorie des transactions informelles à un réseau horizontal. La dimension verticale du réseau, entre direction et communauté d'innovateurs, apparaît dans la phase précédant l'institutionnalisation des comportements inventifs, c'est-à-dire *a posteriori*, et se traduit dans l'acceptation de la déviance à la règle. Le « retour à l'ordre » implique la rupture de ce réseau vertical, en même temps que la constitution d'un réseau de même type entre la direction et les légalistes.

Alter nous enseigne également que si la rationalisation des pratiques inventives « objectives » se produit trop souvent trop rapidement, les « acteurs » de l'innovation se « lassent », en d'autres termes quittent la communauté ou bien rejoignent les « exclus des enjeux de pouvoir ». Ainsi, les propositions et faits stylisés de Alter paraissent être de bons outils d'endogénéisation à la fois de l'hypothèse forte de la théorie des transactions informelles liant la forme des réseaux de confiance à l'efficacité de l'organisation, et du choix des arrangements structurels permettant d'établir une relation positive entre ces réseaux, désormais, variables. Elle permet donc de concevoir un programme de recherche qui, en ayant pour base la théorie développée par Breton et Wintrobe, irait dans le sens de l'élaboration d'une « théorie générale des organisations bureaucratiques » souhaitée par Breton (1995, p. 436) en endogénéisant un élément essentiel de la dynamique de l'organisation et en fournissant un cadre élargi d'évaluation des décisions managériales.

3.2/ La délégation de l'autorité

A côté de ce type de modélisation des activités d'influence mis en perspective par notre démarche pragmatique, Aghion & Tirole (1997) développent une théorie de l'allocation de l'autorité formelle (le droit de décider) et de l'autorité réelle (le contrôle effectif sur les décisions) au sein des organisations. L'autorité réelle est déterminée par la structure d'information, qui dépend de l'allocation de l'autorité formelle.

D'une manière générale, l'autorité formelle résulte d'un contrat explicite ou implicite qui confère à un membre ou à un groupe de membres de l'organisation le droit de décider de

questions spécifiques, mais elle ne correspond pas toujours à l'autorité réelle et les auteurs vont inscrire leur approche dans le cadre de la description faite par Weber de l'autorité légale (ou rationnelle), en ce sens que l'élément clé de la distinction autorité formelle / autorité réelle est l'asymétrie informationnelle⁶⁷.

Les principes du modèle sont les suivants : le subordonné prend l'initiative de suggérer un projet au principal qui choisit le degré d'information qu'il souhaite sur ce projet potentiel. Une fois informé sur ce dernier point, le subordonné recommande un projet qui parfois n'est pas optimal pour le principal, parce qu'il crée un bénéfice privé plus grand, de meilleures opportunités de carrière pour l'agent, ou parce qu'il minimise l'effort de l'agent relativement au contrat optimal. L'autorité formelle prévaut lorsque le principal est informé, c'est-à-dire lorsqu'il choisit son projet préféré. Par contre le principal peu informé (par surcharge de travail, manque de temps pour acquérir de l'information) valide la proposition du subordonné de peur de tomber sur une alternative encore plus mauvaise. Dans ce cas le subordonné a une autorité réelle, quand bien même il n'en a pas de formelle.

Leur analyse suggère deux bénéfices de la délégation de l'autorité formelle : d'une part, elle augmente le degré d'initiative de l'agent et son incitation à acquérir de l'information. D'autre part, cela facilite la participation de l'agent à la relation contractuelle que constitue l'organisation. Le coût de cette délégation est la perte de contrôle du principal sur le choix des projets. Ils formulent un certain nombre de propositions quant à la nature des décisions que la délégation concerne, à l'impact du degré de centralisation sur la communication et aux facteurs qui peuvent accroître l'autorité réelle d'un subordonné. Le premier type de propositions énonce ainsi que l'autorité formelle sera plus facilement déléguée si les décisions qu'elle concerne :

- ont relativement peu d'importance pour le principal ;
- sont des décisions pour lesquelles le principal peut faire confiance à l'agent ;
- sont importantes pour l'agent (par exemple parce que les gains privés sont élevés) ;
- sont suffisamment innovantes pour que le principal n'ait pu accumuler de l'expertise à leur sujet.

⁶⁷ Aghion & Tirole (1997, p. 2) « Un principal qui a une autorité formelle sur une décision (ou activité) peut toujours prendre le contre-pied de la décision de son subordonné mais il s'abstiendra de le faire si son subordonné est bien mieux informé et si ses objectifs ne sont pas trop antinomiques des siens ».

En ce qui concerne ensuite le problème de non-délégation, les auteurs suggèrent que la centralisation compromet la communication parce que l'agent a peur d'être déjugé.

Enfin, les facteurs susceptibles d'accroître l'autorité réelle d'un subordonné sont l'ampleur de l'étendue du contrôle par le principal, l'urgence dans laquelle s'inscrit la prise de décision, la réputation d'interventionnisme modéré du principal, la situation dans laquelle les principaux sont multiples et le degré de performance observé de l'agent.

Finalement, leur approche leur permet de proposer une première étape de l'intégration de la rationalité limitée collective et des incitations, vers une « endogénéisation des limites de communication »⁶⁸, qui correspond à l'idée selon laquelle l'introduction d'objectifs différents dans l'approche traditionnelle en théorie des équipes rend la communication de l'information stratégique et dépendante de la relation d'autorité. On peut s'attendre à ce qu'il y ait moins de communication si le principal a l'autorité parce que l'agent craint qu'il n'abuse de son autorité une fois bien informé. Par contre si les objectifs sont assez convergents les auteurs montrent que la communication est encouragée par la subordination de l'agent au principal.

Baker et *al.* (1999) discutent et enrichissent le modèle d'Aghion & Tirole (1997) sur plusieurs points :

- les droits de décision peuvent être prêtés mais non donnés, « celui qui détient l'autorité formelle n'est plus un subordonné » ;
- la délégation ne peut par conséquent prendre place qu'à travers l'autorité informelle : la délégation est perçue comme une promesse (de ne pas rejeter les propositions du subordonné) plutôt que comme un contrat. Ils montrent notamment (dans un modèle de jeux répété) que cette promesse n'est crédible que si l'incitation de court terme à rejeter les propositions est inférieure aux gains de long terme tirés des incitations supérieures créés par la délégation.

Cette tentation du court terme dépend de la structure d'information initiale du principal, dont la variation a deux effets : elle change la décision elle-même et elle change la tentation de renégocier la promesse de délégation.

⁶⁸ Aghion & Tirole (1997, p. 3).

Finalement, Aghion et Tirole d'une part, Baker et *al.* d'autre part, tirent un certain nombre d'enseignements de ces modèles d'autorité informelle qui permettent de dépasser la vision mécanique weberienne de l'organisation :

- le modèle d'Aghion & Tirole (1997) distingue tout d'abord autorité formelle et informelle, identifie les raisons pour lesquelles un patron pourrait céder l'autorité et enfin aboutit au résultat que la délégation augmente les incitations de l'agent (mais diminue celle du principal) ;
- le modèle de Baker et *al.* (1999) est complémentaire et établit que la délégation de l'autorité formelle est impossible mais montre que la promesse de délégation peut être crédible et que le changement dans la structure d'information du principal non seulement change sa décision (résultat classique en théorie de la décision) mais également sa tentation de revenir sur sa promesse.

3.3/ Pouvoir et politique dans la firme

3.3.1/ L'introduction explicite du pouvoir par Rotemberg (1993)

3.3.1.1/ Le principe de la différenciation des salaires

Il revient à Rotemberg (1993, puis 1994)⁶⁹ d'avoir introduit explicitement les problématiques de pouvoir dans les organisations en les intégrant à un modèle formel de firme maximisant le profit.

La théorie standard considère implicitement que celui qui a le pouvoir dans l'organisation est soit celui qui est le mieux informé, soit celui qui sera prêt à payer le plus pour participer aux décisions. Dans ce dernier cas, face à une décision qui produit le même revenu, une firme qui maximise le profit devrait prendre en compte la baisse possible de l'indemnisation des employés et choisir celle qui la réduit le plus. Cela suggère que les firmes devraient tirer bénéfice des arrangements qui demandent aux employés de contribuer à la prise de décision et essayer de choisir les décisions qui mobilisent le plus la contribution des employés.

⁶⁹ L'article publié date bien de 1993 comme indiqué sur la revue, celui de 1994 étant une conférence donnée à Northwestern University. Le modèle de Rotemberg (1993) décrit l'allocation de l'influence mais ne fournit pas un modèle satisfaisant de l'allocation de l'autorité, notamment parce qu'il ne considère qu'un propriétaire unique qui connaît tous les bénéfices privés que les employés tirent de chaque décision et qui choisit seul quels sont ceux qu'il va favoriser par la décision qu'il prend. A l'instar de la théorie des équipes, le modèle de 1994 prend en compte le processus (coûteux) d'information des employés vers le patron.

En remarquant que ce résultat dépend fortement de l'hypothèse de contrats parfaits, Rotemberg préfère se baser sur les deux grands types d'approches que l'on rencontre en théorie des organisations⁷⁰, à savoir la théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources (qui débouche sur les approches en termes de réseaux sociaux) et les théories de la contingence structurelle : dans un modèle économique à contrats imparfaits, le pouvoir est détenu par celui que l'organisation veut retenir. Les firmes trouveront ainsi avantageux de donner des salaires élevés à certains individus tout en donnant à d'autres la satisfaction de voir que leur décision préférée est prise, ce qui revient à différencier les individus par le mode de rémunération choisi⁷¹. Dans son modèle, « un individu a du pouvoir si les décisions sont prises selon ses vœux »⁷². L'entrepreneur étant le seul à prendre des décisions en dernier ressort, la question est alors de savoir quels sont les employés qui tirent profit de celles-ci.

3.3.1.2/ *Le modèle*⁷³

Soit une organisation dans laquelle un patron (principal) doit décider lequel de ses deux subordonnés (notés 1 et 2) il va chercher à satisfaire par la décision qu'il doit prendre, chacun tirant de sa décision finale un bénéfice b_i avec $i = 1, 2$.

Un modèle économique s'arrêtant à cette considération simple préconiserait que le patron satisfasse l'agent 1 si $b_1 > b_2$ et l'agent 2 dans le cas inverse. Pour aller plus loin que ce cas trivial, on ajoute à cette différenciation initiale des bénéfices d'autres hypothèses relatives aux deux agents. Tout d'abord, ils ont tous deux une valeur différente pour la firme, notée V_i et on leur propose une alternative sur le marché du travail notée r_i , dont on suppose qu'elle est connue seulement par le subordonné, le principal sachant seulement qu'elle est distribuée de manière uniforme sur l'intervalle $[0, R_i]$. Ensuite, on suppose $V_i > R_i$ si bien que le

⁷⁰ Qui seront traitées spécifiquement dans le chapitre 3.

⁷¹ Les deux n'étant aucunement des substituts, ainsi p. 166 : « les salaires diffèrent de l'influence sur un point crucial. L'employée n'est pas obligé de rester dans la firme en $t+1$ pour profiter des bénéfices de son salaire en t . au contraire, l'utilité tirée de l'influence en t est moins immédiate. Un individu qui influence les décisions à un moment en retire probablement le plaisir instantané que lui confère cette responsabilité, mais il a aussi un effet plus durable sur l'organisation. Un résultat est qu'il peut changer l'organisation dans un sens qui la rende plus attractive dans le futur. » Le problème vient ici du fait que ce changement n'a d'effet direct sur son utilité que si l'employé travaille toujours dans l'organisation au moment où les changements s'opèrent : « une partie de l'utilité de la décision prise en t n'est perçue que si l'individu reste employé en $t+1$ ». Cela a pour Rotemberg une implication importante : la firme tirera bénéfice de la satisfaction des souhaits des employés qu'elle veut retenir, même si ce ne sont pas ceux qui veulent payer le plus pour cela.

⁷² Rotemberg (1993, p. 177).

⁷³ Le modèle initial se fait en deux périodes. Pour ne pas surcharger les notations, nous nous inspirons ici d'une version « allégée » esquissée par Gibbons (2003, pp. 779-781) qui évacue les problèmes de temps du modèle initial. Nous remplaçons juste la problématique d'allocation d'autorité du patron par celle consistant à savoir quel employé il satisfait par la décision qu'il prend pour rester dans l'esprit du modèle de Rotemberg (1993).

subordonné préfère toujours garder son emploi actuel sous l'hypothèse de rémunération à la productivité marginale⁷⁴. Enfin, on suppose que le patron n'offre à ses employés qu'un contrat « à prendre ou à laisser » sous la forme d'un salaire w_i . Dès lors, le patron va faire une offre à chaque employé qui va la comparer à l'offre alternative afin de choisir la plus élevée.

S'il décide de satisfaire l'employé i , le patron va déterminer les salaires respectifs optimaux des deux agents en résolvant les programmes :

– pour l'individu i :

$$\text{Max}_{w_i} (V_i - w_i)IP(r_i < w_i + b_i)$$

– pour l'individu j :

$$\text{Max}_{w_j} (V_j - w_j)IP(r_j < w_j)$$

qui aboutissent aux solutions optimales⁷⁵ :

$$w_i^* = \frac{V_i - b_i}{2} \text{ et } w_j^* = \frac{V_j}{2}$$

Dans ce cas, le calcul du profit espéré pour le patron aboutit à :

$$E(\Pi_1) = \frac{(V_i + b_i)^2}{4R_i} + \frac{V_j^2}{4R_j}$$

De manière symétrique, s'il choisit la décision qui satisfait l'employé j , le calcul du profit espéré donne :

$$E(\Pi_2) = \frac{V_i^2}{4R_i} + \frac{(V_j + b_j)^2}{4R_j}$$

Dès lors, il va choisir de satisfaire i sous la condition $E(\Pi_1) > E(\Pi_2)$:

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow \frac{(V_i + b_i)^2}{4R_i} + \frac{V_j^2}{4R_j} &> \frac{V_i^2}{4R_i} + \frac{(V_j + b_j)^2}{4R_j} \\ \Leftrightarrow \frac{V_i^2 + 2b_i V_i + b_i^2 - V_i^2}{4R_i} &> \frac{V_j^2 + 2b_j V_j + b_j^2 - V_j^2}{4R_j} \\ \Leftrightarrow \frac{1}{4} \left[2b_i \frac{V_i}{R_i} + \frac{b_i^2}{R_i} \right] &> \frac{1}{4} \left[2b_j \frac{V_j}{R_j} + \frac{b_j^2}{R_j} \right] \Leftrightarrow \left[2b_i \frac{V_i}{R_i} + \frac{b_i^2}{R_i} \right] > \left[2b_j \frac{V_j}{R_j} + \frac{b_j^2}{R_j} \right] \end{aligned}$$

⁷⁴ Cela renvoie à la spécificité du capital humain pour la firme.

⁷⁵ Pour la démonstration des résultats, cf. annexe 5.

On voit ici apparaître dans l'arbitrage du principal les valorisations respectives des employés pour l'organisation relativement à leur valorisation pour l'extérieur, telle qu'elle est mesurée par les salaires alternatifs proposés, V_i/R_i et V_j/R_j .

Ces grandeurs deviennent déterminantes dans le cas où $b_i = b_j$ et $R_i = R_j$, dans la mesure où le choix du principal (favoriser i ou favoriser j) ne va dépendre que de la comparaison des valeurs respectives de chacun pour la firme avec cette conclusion : il va chercher à donner de l'influence (du pouvoir) à celui qu'il veut retenir. Ce résultat est robuste pour les extensions du modèle qui concernent la prise en compte de deux périodes, la diffusion du pouvoir et l'introduction de phénomènes de réputation.

Par ailleurs, sous l'hypothèse selon laquelle les facteurs sont rémunérés à leur productivité marginale, les salaires à l'extérieur de l'organisation (R_i et R_j) indiquent la valeur des nouveaux entrants potentiels. Dans ce cas, le modèle décrit une situation où le pouvoir est attribué à ceux qui fournissent à la firme la plus grande valeur relativement à celle fournie par des nouveaux arrivants. Il existe deux voies possibles pour maximiser cette valeur relative selon Rotemberg :

- accumuler du capital humain spécifique pour augmenter les revenus que l'on peut tirer de la firme (solution désirable du point de vue de la firme) ;
- réduire la productivité de tout remplaçant potentiel (en rendant par exemple l'information difficile à obtenir), cette solution étant moins désirable pour la firme⁷⁶.

Globalement, cet article séminal illustre le fait que la composition de l'indemnisation de l'employé, en particulier l'articulation pouvoir/salaire, est compatible avec la maximisation du profit. Il introduit une distinction analytique entre ce qui relève de l'attribution du pouvoir (ou de l'influence, ce qui revient au même chez Rotemberg) et ce qui relève de l'attribution de l'autorité (Aghion & Tirole, 1997)⁷⁷. Une limite est qu'il ne s'intéresse qu'à la question de

⁷⁶ La stratégie des employés pour modifier leur environnement informationnel consisterait par exemple, soit à acquérir de l'information afin d'améliorer ses propres décisions, pour augmenter sa valeur relative par rapport aux outsiders moins informés, soit à réduire l'information disponible pour les outsiders afin d'augmenter sa valeur relative par rapport à eux (mais sans profit pour la firme).

⁷⁷ Rotemberg (1994) prolonge son modèle initial à la délégation d'autorité dans une organisation à deux employés (différents quant à leur capital spécifique) faisant face à une décision qui les affecte potentiellement tous les deux. Si le décideur a une information complète sur l'utilité non pécuniaire que chaque employé attribue aux différentes décisions, leur influence diffère comme le montre le modèle de 1993. Par contre, si le décideur n'a plus d'information complète sur les différentes options disponibles, c'est l'employé qui a le plus de valeur (celui qui a le capital humain le plus spécifique) qui va recevoir l'autorité formelle de la prise de décision. Rotemberg montre alors que cette procédure, bien qu'ayant quelque avantage, est également coûteuse : il est difficile d'empêcher les individus influents qui ont l'autorité d'abuser de leur pouvoir. Cela s'explique par le fait

savoir qui a le pouvoir *ex post*, sans s'intéresser à ce que les employés font *ex ante* pour obtenir du pouvoir⁷⁸.

3.3.2/ Vers une théorie économique générale du pouvoir : Rajan & Zingales

Ils proposent une recherche en 2 étapes :

- l'article de 1998 a pour but de présenter une théorie plus élaborée du pouvoir qui a vocation à être une théorie plus générale de la firme ;
- l'article de 2001 s'intéresse au rôle des structures dans la distribution du pouvoir et étudie spécifiquement la hiérarchie.

3.3.2.1/ Vers une théorie économique générale du pouvoir intra-organisationnel ?

Rajan & Zingales (1998) débutent leur réflexion par une interprétation originale (au moins dans le vocabulaire employé) de Coase (1937) : les transactions menées au sein de la firme sont gouvernées non par le mécanisme de prix mais par la planification administrative, qui induit des relations de pouvoir en son sein. Cette définition pose en effet selon les auteurs un certain nombre de questions à côté desquelles les économistes sont largement passées : qu'est ce que le pouvoir au sein de la firme ? Quel rôle joue-t-il ?

La perspective des droits de propriété⁷⁹ a tenté d'apporter une réponse à ces questions en suggérant que l'autorité (ou le pouvoir)⁸⁰ diffère du mécanisme de prix parce qu'elle implique l'exercice de droits (les droits résiduels de contrôle) qui ne peuvent pas être spécifiés par contrat. Dans ces conditions, son rôle est d'entretenir et de protéger les investissements spécifiques à la relation dans un environnement où les contrats sont incomplets. Ainsi, plus l'espace des contrats qui peuvent être écrits et mis en œuvre est limité, plus le rôle des droits de contrôle résiduels (donc du pouvoir) est important, ce qui aboutit à l'idée que le pouvoir

que les employés non influents n'osent pas protester en cas d'abus de pouvoir. Au contraire, lorsque l'autorité formelle est donnée aux membres non influents, on peut s'attendre à ce que les membres influents protestent (parce qu'ils ont plus de chance d'avoir gain de cause). Finalement, Rotemberg en conclut qu'il est parfois plus intéressant de donner l'autorité formelle aux personnes les moins influentes (avec un capital humain moins spécifique).

⁷⁸ Voir à ce sujet les travaux de Hirshleifer (1987, 1991) et Durham et *al.* (1995, 1998) sur la théorie micro-économique du conflit.

⁷⁹ Aussi appelée théorie des contrats incomplets (Grossman & Hart 1986, Hart & Moore 1990) présentée par Hart (1995) avec cette référence explicite à la notion de pouvoir.

⁸⁰ On retrouve ici l'ambiguïté sur la définition des termes qui parcourt une bonne partie de la littérature micro-économique sur le sujet.

découle de la propriété des actifs physiques et que la firme est définie comme étant une collection d'actifs physiques détenus conjointement.

Rajan & Zingales sont globalement d'accord avec cette approche à ceci près que l'on ne peut pas selon eux ramener la firme seulement à un ensemble de droits de propriété conjoints, ce qui implique que la propriété des actifs physiques n'est pas la seule source du pouvoir au sein d'une firme. Ce n'est pas non plus selon eux le moyen le plus efficace pour promouvoir les investissements spécifiques à une relation.

A partir de ces remarques, ils proposent de développer une théorie plus élaborée du pouvoir dans les organisations qui a pour vocation à être également une théorie plus générale de la firme et, tout en restant dans le cadre défini par les hypothèses de la littérature sur les droits de propriété, ils identifient un mécanisme alternatif éventuellement non contractuel pour allouer le pouvoir, mécanisme qu'ils nomment « accès ».

3.3.2.2/ Définition et implications de la notion d'accès⁸¹

L'accès est « la capacité à utiliser ou à travailler avec une ressource critique. Si la ressource critique est une machine, l'accès implique la capacité à opérer avec la machine ; si la ressource est une idée, l'accès implique d'être informé des détails de l'idée ; si la ressource est une personne, l'accès est la capacité à travailler en étroite collaboration avec cette personne »⁸².

L'agent qui dispose d'un accès privilégié à la ressource n'en tire pas de droits de contrôle résiduels supplémentaires mais il a l'opportunité de spécialiser son capital humain en fonction de la ressource afin d'augmenter sa valeur pour l'organisation (on retrouve ici un thème évoqué par Rotemberg, 1994). L'accès lui donne ainsi la capacité de créer une ressource critique : son capital humain spécialisé, dont le contrôle est « une source de pouvoir », comme l'est plus généralement le contrôle de n'importe quelle ressource critique.

⁸¹ Remarquons que la structure d'accès est une hypothèse forte du modèle de la corbeille à papiers. Elle définit les règles du jeu « politique » de l'organisation. Cf section 2.2.1/ du chapitre 1.

⁸² Rajan & Zingales (1998, p. 388).

Par ailleurs, ils montrent que l'accès peut être un meilleur mécanisme pour fournir des incitations que la propriété, ce qui a plusieurs implications⁸³ :

- on peut définir la firme soit en termes d'actifs uniques soit en termes de personnes ayant accès à ces actifs ;
- l'accès alloue le pouvoir sans besoin d'une tierce partie chargée de le faire appliquer (et respecter). En d'autres termes on peut définir une organisation même en l'absence de mise en application légale. Une firme peut alors être définie même si son output ne requiert pas d'actifs physiques essentiels auxquels les droits de propriété pourraient être assignés.

Le risque est susceptible d'encourager plutôt que décourager l'investissement spécifique. Les effets négatifs de la propriété qu'ils identifient pourraient alors expliquer pourquoi les droits de contrôle résiduels sont alloués (par hypothèse) à une tierce partie désintéressée dans beaucoup de relations.

Enfin leur approche insiste sur le rôle joué par l'organisation interne dans l'augmentation de la valeur de la firme. Selon eux, « l'essence de l'organisation interne, c'est l'accès différencié des agents de la firme aux actifs humains et physiques uniques qui sont au coeur de la firme ».

Rajan & Zingales (2001) proposent précisément d'étudier le rôle des structures organisationnelles, comme la hiérarchie, dans la construction et la distribution du pouvoir.

3.3.2.3/ Les structures organisationnelles et la distribution du pouvoir

L'articulation entre ces deux dimensions est explorée sous l'angle du problème d'expropriation (par exemple d'une idée par un manager)⁸⁴. Dans ce cadre, les entrepreneurs doivent concevoir l'organisation comme un mécanisme capable de fournir des incitations aux employés afin que ceux-ci protègent (plutôt que pillent) la source des rentes organisationnelles. La réponse qu'ils formulent à ce problème détermine alors la structure interne de l'organisation. Plus précisément, c'est la nature du capital qui va déterminer selon eux le type de hiérarchie. Les grandes hiérarchies (celles qui ont avec un grand nombre de niveaux) vont dominer dans des industries intensives en capital physique et vont avoir des politiques de promotion basées sur l'ancienneté, alors que les hiérarchies « plates » vont

⁸³ Rajan & Zingales (1998, p. 390-391).

⁸⁴ Un bon exemple est la création d'Intel à partir d'une idée développée dans une autre firme.

prédominer dans les industries intensives en capital humain, avec des systèmes de promotion différents du type *up or out*⁸⁵.

Le concept central d'accès est ici appliqué à la structure organisationnelle dans le cadre d'un modèle qui suppose que⁸⁶ :

- pour une taille donnée de la hiérarchie, la rente d'un manager augmente au fur et à mesure que sa position s'améliore dans la hiérarchie ;
- pour une position donnée, la rente d'un manager augmente avec le nombre de ses subordonnés.

Ces caractéristiques proviennent selon eux de « la hiérarchie de l'accès », qui donne aux managers un pouvoir de position : dans la mesure où seules les chaînes continues de managers spécialisés sont productives, les managers intermédiaires obtiennent une certaine rente parce qu'ils ont des liens indispensables pour les managers de rang inférieur.

Ils suivent ainsi Coase (1937) qui décrit la hiérarchie comme une entité dans laquelle les transactions sont conduites plus par l'autorité ou le pouvoir que par les prix. L'entrepreneur contrôle l'accès à la ressource critique et au capital humain des managers et en ce sens il a du pouvoir. C'est la forme hiérarchique qui va définir la nature du pouvoir entre les mains du manager : dans une hiérarchie verticale, les managers spécialisés ont un pouvoir de position, dans une hiérarchie horizontale, leur pouvoir leur est conféré davantage par la propriété (des actifs). Cela permet de distinguer ceux qui ont un accès (à l'intérieur de l'organisation) et ceux qui sont à l'extérieur, comme cela permet de distinguer ceux qui sont dans l'organisation depuis longtemps et qui ont du pouvoir (les managers spécialisés) et ceux qui viennent de la rejoindre. Une distinction plus fine les amène à distinguer entre :

- la propriété, qui donne au propriétaire le droit de déterminer l'accès aujourd'hui et demain ;
- le contrôle, qui donne juste le droit de déterminer l'accès actuel.

Cette distinction est importante si l'on veut modéliser les grandes entreprises dans lesquelles la propriété est séparée du contrôle.

Finalement, au cœur de l'organisation, Rajan et Zingales placent une source unique de valeur, la ressource critique, et trois mécanismes : l'accès, la spécialisation et la propriété, qui confèrent à l'organisation un pouvoir de commandement différent de la contractualisation marchande.

⁸⁵ Soit les employés progressent, soit ils s'en vont.

⁸⁶ Rajan & Zingales (2001, p. 818)

Conclusion de la section 3

L'intégration des phénomènes de pouvoir qui s'est engagée depuis la fin des années 1980 dans la littérature orthodoxe prolonge en quelque sorte l'intuition de Bartlett (1989) et lui donne raison sur au moins trois points. Tout d'abord, les outils analytiques de la microéconomie standard se prêtent plutôt bien au traitement des problématiques liés aux phénomènes d'influence et à la délégation de l'autorité. Ensuite, la prise en compte du rôle du pouvoir est parfaitement compatible avec les travaux récents fondés sur l'hypothèse d'incomplétude contractuelle. Enfin, et c'est un apport majeur d'un grand nombre de travaux présentés dans cette section, elle ouvre des voies d'échanges croisés entre la science économique et les autres sciences sociales autour d'une thématique que l'on croyait réservée aux secondes⁸⁷.

Conclusion du chapitre 2

Jusqu'à une période récente, il n'y a pas eu à proprement parler de vision économique du pouvoir, pas même dans une école de pensée (un paradigme) particulière de l'économie, ce qui fait dire à un certain nombre d'auteurs que l'étude du pouvoir en économie en est à un stade de pré-science au sens de Kuhn, qui est le stade où chaque chercheur doit définir, justifier et défendre des concepts clés (Bartlett, 1989). Pour les auteurs radicaux, le pouvoir est un élément central des relations économiques du monde capitaliste mais cela paraît tellement évident que cela n'a pas besoin d'être démontré. Ensuite, il n'y a pas d'accord quant à la définition du pouvoir chez ces auteurs⁸⁸. Par ailleurs, pendant longtemps, la théorie néo-classique (ou ses prolongements) n'a mentionné le pouvoir que dans le cadre des monopoles et du pouvoir de négociation, à l'exception de quelques auteurs régulièrement contredits par les tenants de l'orthodoxie (Alchian & Demsetz, 1972, Williamson, 1995).

Depuis le début des années 1990 pourtant, on assiste à un certain nombre d'emprunts croisés entre ces deux extrêmes concernant le développement de réflexions sur le pouvoir. La

⁸⁷ Rajan & Zingales (1998, p. 424) : « [...] le rôle du pouvoir dans les organisations est pauvrement compris. Contrairement aux sociologues qui ont étudié ces questions dans le détail, les économistes orthodoxes sont restés en dehors du débat, en partie à cause du fait que le pouvoir n'est pas pertinent dans un monde où les contrats sont complets. Maintenant que les économistes acceptent davantage l'importance de l'incomplétude des contrats, il y a des grandes opportunités d'échanges fructueux entre ces deux disciplines ».

⁸⁸ Cf. le numéro spécial du Journal of Economic Issues, vol. 14, déc 1980 sur l'économie du pouvoir.

réhabilitation du concept de pouvoir dans la science économique⁸⁹, semble aujourd'hui permise sous l'action conjuguée de quatre facteurs qui sont 1) la reconnaissance par les économistes du *mainstream* d'un certain nombre d'imperfections touchant notamment aux problèmes posés par l'information, 2) le jeu croisé des réactions d'un certain nombre d'auteurs du courant dominant aux critiques radicales (Palermo, 2000, Tinel, 2002)⁹⁰, 3) la volonté de certains radicaux de démontrer la non-pertinence du modèle basique à partir des mêmes outils que ceux utilisés pour démontrer sa pertinence (Bowles & Gintis 1993) et enfin 4) l'ouverture grandissante des économistes aux problématiques habituellement traitées en sociologie ou en gestion.

Finalement, il est difficile de savoir si l'intégration des phénomènes liés au pouvoir dans les modèles néo-classiques provient d'une réponse des économistes (du *mainstream*) aux préoccupations des économistes radicaux (thèse défendue par Tinel et Dockès) ou si elle participe d'une prise en compte plus large des implications tirées de l'identification des problèmes informationnels, d'abord sur les marchés puis dans la firme. Au-delà de ces préoccupations d'ordre épistémologique, si l'on se contente de constater le phénomène selon lequel le pouvoir tendrait à réintégrer le giron de la science économique orthodoxe, on ne peut s'empêcher de penser que cela ouvre des perspectives vers une étude plus approfondie des phénomènes de pouvoir au sein même de la firme. Pour cela, il faut dépasser les essais de théorie générale du pouvoir dans le système économique pour entrer plus avant dans l'organisation et proposer des outils permettent de mieux rendre compte du pouvoir intra-organisationnel. En effet, si la dimension relationnelle du pouvoir est soulignée dans ces travaux ainsi que l'importance des structures dans laquelle ces relations s'opèrent, l'approche structurale est cantonnée à l'analyse d'entités économiques supposées homogènes. Par ailleurs, ces approches sont essentiellement des théories du pouvoir sur les marchés. Un pas supplémentaire doit être fait vers une compréhension de la nature des interactions entre agents au sein des organisations, ce que ne permet pas la théorie des incitations qui se concentre sur les relations bilatérales entre acteurs.

Pour tirer plus encore les conséquences de la prise en compte des phénomènes de pouvoir dans la firme, il faut selon nous mobiliser des approches structurales du pouvoir, domaine dans lequel les sciences sociales autres que la science économique ont beaucoup avancé. Ce sera l'objet du chapitre 3.

⁸⁹ Indépendamment des tentatives diverses émanant notamment des radicaux américains (notamment Marglin, 1974, 1975).

⁹⁰ C'est plus une hypothèse, permise par une étude chronologique des travaux dans l'optique d'une histoire de la pensée économique, qu'un fait avéré.

CHAPITRE 3

**LES APPROCHES STRUCTURALES DU
POUVOIR INTRA-ORGANISATIONNEL**

Chapitre 3

Les approches structurales du pouvoir intra-organisationnel

Introduction

Dans la littérature sur le pouvoir, Brass (2002) à la suite notamment d'Astley & Sachdeva (1984) repère trois approches évidentes. Tout d'abord, l'approche dite « structurale » insiste sur le contrôle des ressources. Ensuite, l'approche comportementale met l'accent sur la capacité des acteurs à utiliser ces ressources, c'est à dire sur les tactiques du pouvoir et les talents de négociation. Enfin, la dernière approche consiste à identifier les caractéristiques individuelles ou les sources personnelles du pouvoir.

La thèse que nous défendons dans ce chapitre est la suivante : au cours de ces dernières décennies, dans la littérature des sciences de l'organisation, la problématique du pouvoir intra-organisationnel a été influencée par un double mouvement concomitant :

- au plan théorique, la genèse, le développement puis l'éclatement des théories des contingences structurelles, courant d'analyse dominant dans les années 1970-1980 dans l'étude des structures d'organisation et de leurs dynamiques, ont provoqué une reformulation de la problématique du pouvoir intra-organisationnel : partant de l'étude globales des déséquilibres techniques internes engendrés par, et influençant, l'approfondissement et les transformations de la division du travail, celle-ci s'est intéressée, d'une part aux questions relatives au gouvernement d'entreprise et au contrôle des ressources « critiques » pour la survie des organisations, d'autre part à la topologie des relations de pouvoir ;
- au plan méthodologique, les tentatives de mesure du pouvoir en organisation se sont réorientées vers des techniques « structurales » inspirées de l'input-output qui mettent en avant les concepts de centralité et de connectivité. Il ne faut cependant pas s'y tromper : l'usage de ces nouvelles techniques reste aujourd'hui relativement secondaire en sciences de gestion, et ce sont essentiellement les sociologues et psychosociologues de l'organisation qui se les sont accaparés et qui les ont développés de manière féconde¹.

¹ L'œuvre de Noah Friedkin est sans doute la plus représentative de la richesse de ces développements (par ex. Bonacich & Friedkin, 1998, Bourgeois & Friedkin, 2001, Friedkin & Johnsen, 1999, Friedkin, 2003).

Cependant, comme nous aurons l'occasion de le voir dans les deux derniers chapitres de ce travail, ces techniques structurales peuvent servir de base à un discours économique sur le pouvoir informationnel en organisation.

L'objectif de ce chapitre est de retracer à grands traits cette double trajectoire. Dans une première section, nous développons la théorie des contingences structurelles et la théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources. Ce sont les deux principales approches structurales du pouvoir fondées sur la définition séminale de Dahl (1957) prolongée par Emerson (1962). Ceci nous amène dans une deuxième section à aborder la notion de centralité ainsi que les éléments de base de la théorie des graphes qui y sont associés, principalement dans la perspective de mesure d'un certain nombre d'indicateurs. Enfin, la troisième section complète l'arsenal d'outils pertinents pour quantifier les relations entre des entités d'un réseau ou d'une organisation par la présentation des bases de la méthodologie input-output.

Section 1 : Les approches du pouvoir

1.1/ Le paradigme Dahl-Emerson et le prolongement de Lukes

1.1.1/ L'article séminal de Dahl (1957)

1.1.1.1/ La relation de pouvoir

Dahl définit le pouvoir non pas comme un attribut des acteurs mais comme une caractéristique des relations entre les agents : « A a du pouvoir sur B dans la mesure où il peut faire faire à B quelque chose que B n'aurait pas fait autrement »². La base du pouvoir d'un agent³ consiste dans toutes les ressources qu'il peut exploiter pour affecter le comportement d'un autre. Les moyens pour le faire sont nombreux et représentent pour Dahl des activités de médiation entre la base de A et les réponses de B.

Un point intéressant (rarement souligné dans la littérature sur le sujet) est l'hypothèse selon laquelle le « montant » du pouvoir d'un acteur peut être représenté de manière probabiliste, l'étendue du pouvoir d'un agent A étant définie par rapport à l'ensemble des réponses de B. Pour spécifier le « montant » de pouvoir, il faut spécifier à la fois quels sont les moyens d'exercice de ce pouvoir et l'ensemble des réponses possibles de celui qui le subit.

1.1.1.2/ Les propriétés de la relation de pouvoir

Chez Dahl, la relation de pouvoir a trois propriétés :

- une condition nécessaire à l'existence du pouvoir est qu'il existe un écart de temps entre les actions de celui qui exerce du pouvoir et celles de celui qui y répond ;
- une seconde condition est qu'il n'y ait pas d'action à distance : il n'existe de relation de pouvoir que s'il existe une connexion directe entre A et son action a ;
- le montant du pouvoir de A sur B est une différence entre la probabilité que B fasse quelque chose si A agit en ce sens moins la probabilité qu'il le fasse sans que A n'agisse.

² Dahl (1957, pp. 202-203).

³ Les sociologues définissent les agents comme des acteurs pour bien insister sur le fait qu'ils ne sont pas passifs, remarque que l'on a souvent rencontrée dans le cadre du modèle standard. La prise en compte des « actes terminaux et informationnels » décrits dans les chapitres précédents nous permet de supposer que les « agents économiques » sont aussi « acteurs » et on conservera donc ce vocable familier pour les économistes.

Si on note par exemple :

$$IP(B, b|A, a) = p_1$$

la probabilité que B fasse l'action b sachant que A a fait l'action a et :

$$IP(B, b|A, \bar{a}) = p_2$$

la probabilité que B fasse l'action b sachant que A n'a pas fait l'action a, le montant de pouvoir de A sur B, noté :

$$M\left(\frac{A}{B} : a, b\right)$$

Compte tenu de la réponse b et de l'action a, M(.) est égal à :

$$M\left(\frac{A}{B} : a, b\right) = IP(B, b|A, a) - IP(B, b|A, \bar{a}) = p_1 - p_2$$

On déduit de cette définition d'autres propriétés de la relation de pouvoir :

- M = 0 si $p_1 = p_2$, l'absence de pouvoir est donc équivalente ici à l'indépendance statistique ;
- M est maximum si $p_1 = 1$ et $p_2 = 0$;
- M est minimum lorsque $p_1 = 0$ et $p_2 = 1$, qui correspond à la notion de « pouvoir négatif ».

Dahl remarque alors que l'on doit associer une direction à cette mesure du pouvoir, cette direction n'étant pas uniquement dépendante des intentions de A.

1.1.1.3/ Comparer le pouvoir

« Le problème principal n'est pas de déterminer l'existence du pouvoir mais d'en faire des comparaisons »⁴.

La comparaison du pouvoir de deux individus doit prendre en compte cinq facteurs :

- les différences dans la base du pouvoir de chacun des acteurs ;
- les différences dans les moyens employés à partir de cette base ;
- les différences dans l'étendue du pouvoir c'est-à-dire dans le type de réponses suscitées ;
- les différences dans le nombre de « cibles » comparables ;
- les différences de probabilités, c'est-à-dire l'indicateur M.

⁴ Dahl (1957, p. 205).

Si les deux premiers points relèvent de recherches qui ont été développées ultérieurement⁵, les trois derniers relèvent des différentes réponses aux stimuli du pouvoir dont le traitement ne peut être effectué que par des études empiriques, parce qu'ils sont liés à la nature des recherches menées. Il reste en fait l'indicateur M qui permet de classer les acteurs dans le cas de situations « comparables en termes de pouvoir »⁶. Sa conclusion, qui pourrait aussi bien concerner le concept d'information, prend la forme d'un discours imaginaire entre le chercheur théoricien, celui qui modélise et le chercheur plus pragmatique qui a l'obsession de la mesure des faits concrets. Elle mérite d'être soulignée parce qu'elle définit un débat qui n'est toujours pas tranché presque cinquante ans après la parution de cet article fondamental :

- le premier adopte la mesure M comme mesure du pouvoir d'un acteur et la possibilité de classer les acteurs à condition qu'existe un ensemble de sujets comparables. Il est possible d'obtenir des données pour le faire de manière empirique. Le concept de pouvoir ainsi défini peut être utilisé de manière opérationnelle et aide à clarifier les mesures empiriques que l'on pourrait obtenir ;
- le second présente les difficultés de mesure liées notamment au fait que le pouvoir recouvre beaucoup de dimensions et est dépendant des données disponibles. Il faut donc abandonner le concept de pouvoir au profit d'un ensemble de concepts opérationnels non comparables entre eux (March, 1966).

1.1.2/ Du pouvoir à la dépendance

1.1.2.1/ Le pouvoir est l'inverse de la dépendance

Emerson (1962) prolonge Dahl (1957) en ce sens que pour lui « le pouvoir est une propriété de la relation sociale, ce n'est pas un attribut de l'acteur »⁷. Son objectif est de construire « une théorie simple des aspects liés au pouvoir dans les relations sociales » qui insiste sur les

⁵ Filley & Grimes (1967) ont été parmi les premiers à étudier spécifiquement les bases du pouvoir dans le processus de décision. Une référence centrale reste en ce domaine Pfeffer (1981, 1992, 1996, 1997).

⁶ Dahl (1957, p. 209). Il ajoute que A et B sont formellement comparables en termes de pouvoir (on peut les classer à partir de M) si et seulement si les acteurs, les moyens, les cibles et les réponses sont comparables, ce qui ne nous aide pas beaucoup : « la comparabilité du pouvoir devra être interprétée à la lumière des besoins spécifiques de la recherche et de la théorie.[...] de ce point de vue la décision est arbitraire mais pas plus arbitraire que d'autres décisions qui établissent des critères pour classer des objets ».

⁷ Emerson (1962, p. 32).

caractéristiques de la relation, non sur les caractéristiques particulières des personnes ou des groupes engagés dans ces relations⁸.

Il développe l'idée selon laquelle les relations sociales recouvrent des liens de dépendance mutuelle entre les parties, ainsi A va dépendre de B s'il aspire à atteindre des buts dont la réalisation est facilitée par des actions appropriées de la part de B. Selon cette logique, il va contourner les difficultés théoriques (et les critiques) associées au terme de pouvoir (Pfeffer, 1981) en articulant sa théorie autour du concept de dépendance⁹, faisant du pouvoir une manifestation implicite de celui-ci : « le pouvoir réside implicitement dans la dépendance de l'autre ». Dès lors, si la dépendance d'une des parties à l'échange fournit la base du pouvoir de l'autre, le pouvoir doit être défini en tant qu'influence potentielle : « le pouvoir d'un acteur A sur un acteur B est le degré de résistance de B qui peut être potentiellement surmonté par A ». Tout cela l'amène à identifier une relation simple entre pouvoir et dépendance : « le pouvoir de A sur B est égal à la dépendance de B vis-à-vis de A »¹⁰.

1.1.2.2/ La réciprocité dans les relations de pouvoir

La notion de réciprocité dans les relations de pouvoir/dépendance pose la question de l'égalité (ou de l'inégalité) du pouvoir dans la relation. Que se passe-t-il lorsque le pouvoir de A sur B est égal au pouvoir de B sur A ? Dans ce cas, il n'y a pas de schéma de « dominance » qui émerge dans l'interaction entre ces deux acteurs mais « cela ne signifie pas que le pouvoir est inopérant dans l'une ou l'autre direction »¹¹.

Cette notion de pouvoir réciproque fournit une base à trois autres caractéristiques de la relation de pouvoir :

- un avantage en termes de pouvoir peut être mesuré par la différence des deux pouvoirs (c'est la notion de « pouvoir net ») ;

⁸ Ainsi, « les traits personnels, les talents ou possessions (comme la richesse) [...] n'ont pas de place dans une théorie générale » (p. 32).

⁹ La définition complète donnée p. 32 est assez sibylline pour un économiste : « la dépendance d'un acteur A vis-à-vis d'un acteur B est 1) directement proportionnelle à l'investissement motivationnel (*motivational investment*) dans des buts relayés par B, et 2) inversement proportionnelle à la disponibilité de ces buts pour A en dehors de la relation A-B ». Elle est heureusement relayée par des passages plus clairs dans le reste du papier.

¹⁰ Emerson (1962, p. 33). Face à cette succession de définitions, Emerson précise qu'il n'existe pas une seule définition opérationnelle correspondant à un concept théorique mais plusieurs.

¹¹ Emerson (1962, p. 34).

- la cohésion de la relation peut être définie comme le pouvoir moyen, au sens de « montant moyen de pouvoir » dans la terminologie de Dahl (1957) ;
- cela ouvre la possibilité d’une étude des opérations de rééquilibrage comme par exemple des changements structuraux dans les relations de pouvoir/dépendance qui tendraient à réduire l’avantage de pouvoir.

1.1.2.3/ De la dépendance aux réseaux de pouvoir et à l’autorité

A partir des travaux de Bavelas (1948) et Leavitt (1951), Emerson introduit la notion de « réseau de pouvoir », défini comme « au moins deux relations de pouvoir-dépendance connectées »¹² et insiste particulièrement sur le processus de formation des coalitions, processus qui « met en lumière le rôle joué par les processus de pouvoir dans l’émergence et le maintien d’une structure de groupe en général ». Cette structure de groupe est selon lui articulée autour de deux types de « demandes collectives » : les « prescriptions de rôles » qui sont les spécifications comportementales que chacun des membres du groupe attend de certains autres (mais pas nécessairement de tous), et les « normes de groupes » qui concernent cette fois-ci tous les membres de la structure. Cela l’amène à définir l’autorité comme du pouvoir légitimé¹³, notion weberienne retenue par la plupart des économistes et à laquelle Dockès (1999, 2000) préfère la notion de pouvoir « institué » (cf. chapitre 3).

1.1.3/ La vision tri-dimensionnelle du pouvoir

Selon Lukes (1974), « le pouvoir est l’un de ces concepts qui est de manière tenace dépendant des valeurs. [...] Sa définition même et toute utilisation donnée de celle-ci, une fois définies, sont liées de manière inextricable à un ensemble donné (probablement inconnu) d’hypothèses sur les valeurs qui prédétermine l’étendue de ses applications empiriques »¹⁴. A partir de cette remarque, il propose alors trois manières d’appréhender la problématique du pouvoir.

Tout d’abord, « l’analyse conceptuelle du pouvoir » regroupe ceux qu’il appelle les « pluralistes » parmi lesquels Dahl (1957). Ils leur reprochent d’avoir une vision unidimensionnelle du pouvoir qui « implique la priorité donnée au comportement dans la

¹² Emerson (1962, p. 36).

¹³ Emerson (1962, p. 38) : « l’autorité émerge comme transformation du pouvoir dans un processus appelé *légitimation* ».

¹⁴ Lukes (1974, p. 26).

prise de décision sur les questions au sujet desquelles on observe un conflit d'intérêts, vu comme l'expression de préférences politiques révélées par la participation politique »¹⁵. En d'autres termes, il reproche à l'approche de Dahl de se concentrer sur le pouvoir exercé dans le cadre du processus de décision. Dans ce cadre, ceux qui détiennent du pouvoir sont ceux qui sont capables d'influencer ce processus afin d'obtenir les décisions qu'ils souhaitent obtenir. Cette approche est notamment critiquée parce qu'elle suppose implicitement que le pouvoir n'est utilisé que dans des situations de conflit (Hardy, 1985).

Ensuite, la « vision bi-dimensionnelle » du pouvoir, exprimée notamment par Bachrach & Baratz (1970), induit que « le pouvoir est exercé quand A participe aux décisions qui affectent B. Mais le pouvoir est aussi exercé quand A consacre son énergie à créer ou renforcer les valeurs politiques et sociales ainsi que les pratiques institutionnelles qui limitent la portée du processus politique de nature publique aux seules questions qui sont inoffensives pour A [...] Dans la mesure où une personne ou un groupe crée ou renforce de manière consciente ou inconsciente les barrières évitant l'arrivée sur la place publique des conflits politiques, cette personne ou ce groupe a du pouvoir »¹⁶. Cette approche suggère donc que le pouvoir peut aussi être exercé en dehors du processus de prise de décision afin d'évincer certaines questions ou certains individus de ce processus mais elle ne sort pas significativement du contexte conflictuel. Sur ce point, comme le remarque McLachlan (1981), il n'y a pas de différence évidente entre les visions uni-dimensionnelle et bi-dimensionnelle.

Enfin, la vision tri-dimensionnelle du pouvoir est celle développée spécifiquement par Lukes (1974). Les deux premières approches négligent selon lui le fait que le pouvoir peut s'exercer en l'absence de conflit observable. Ce que l'on pourrait avoir ici, c'est « un conflit latent, qui consiste en une contradiction entre les intérêts de ceux qui exercent le pouvoir et les intérêts réels de ceux qu'ils excluent »¹⁷. Il propose alors une autre définition du pouvoir : « A exerce du pouvoir sur B en arrivant à lui faire faire ce qu'il ne veut pas faire, mais il exerce aussi du pouvoir sur lui en influençant, modelant ou déterminant ses désirs mêmes »¹⁸. Le pouvoir est mobilisé non seulement pour éviter que le conflit n'entre dans le processus de prise de

¹⁵ Lukes (1974, p. 15).

¹⁶ Bachrach & Baratz (1970, pp. 7-8).

¹⁷ Lukes (1974, pp. 24-25).

¹⁸ Lukes (1974, p. 23) Une autre définition est donnée p. 34 : A exerce du pouvoir sur B quand A affecte B contre les « intérêts réels » de B avec « la politique x est davantage dans les intérêts de B que la politique y si, dans le cas où B devait expérimenter les résultats de x et de y, il choisirait x comme résultat qu'il voudrait pour lui-même ».

décision mais aussi pour éviter que le conflit émerge, quelque soit l'activité organisationnelle considérée. Finalement cette approche confère deux dimensions au pouvoir : le pouvoir utilisé pour annihiler l'opposition, le pouvoir pour prévenir et éviter les situations d'opposition¹⁹.

Alors qu'il introduit une distinction entre ces trois approches, Lukes identifie comme caractéristique commune aux trois visions du pouvoir leur ancrage dans des valeurs particulières : « chacune émerge et se situe dans une perspective politique et morale particulière ». Ce sont ainsi les différences de valeurs qui vont expliquer finalement pourquoi on choisit tel ou tel concept de pouvoir.

Cette approche sera critiquée notamment par McLachan (1981) à cause de son manque d'opérationnalité²⁰. En définitive, ce sont les concepts définis par Dahl (1957) et Emerson (1962) qui vont être à l'origine des deux grands courants d'analyse du pouvoir intra-organisationnel²¹ que sont la théorie des contingences structurelles et la théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources.

1.2/ La théorie des contingences structurelles

1.2.1/ Le cadre d'analyse

Deux articles fondamentaux sont à la base de ce courant, celui de Hickson et *al.* (1971) qui définit le cadre théorique et celui de Hinings et *al.* (1974) qui en propose un test empirique.

L'objectif du premier papier est ainsi de proposer une explication théorique du pouvoir afin de développer des hypothèses testables susceptibles d'expliquer la différenciation du pouvoir intra-organisationnel entre divisions (au sens de sous-groupes) d'une organisation. Ils réfutent le pessimisme de March (1966) explicable selon eux par le mauvais choix d'unité d'analyse (les individus au sein de communautés) dans les études sur le pouvoir. La prise en compte d'entités plus larges que les entités individuelles pour traiter du pouvoir leur paraît plus pertinent et ils choisissent d'étudier spécifiquement les « sous-groupes de l'organisation du

¹⁹ Sur la base de cette distinction, Hardy (1985, pp. 388-389) propose de distinguer le pouvoir manifeste (*overt power*) qui se réfère à « la capacité d'assurer des résultats préférés en situation de concurrence et de conflit parmi les opposants déclarés » et le pouvoir discret (*unobtrusive power*) qui « se réfère à la capacité à assurer des résultats préférés en évitant que le conflit n'émerge », avec comme moyens les symboles, le langage, les mythes etc...

²⁰ Fletcher (1992) a repris récemment la troisième dimension du pouvoir de Lukes (1974) dans une perspective « post-structuraliste ».

²¹ On observe cependant que les rares recherches sur le pouvoir en économie (dans différentes courants de pensée), citent volontiers Lukes (1974), par exemple Perroux (1973) et Bartlett (1989).

travail, dans la mesure où elles sont reliées entre elles « dans les activités interdépendantes d'un unique système social identifiable »²².

Deux types de travaux fondamentaux servent de base à leur approche, ceux de Lawrence & Lorsch (1967) dont ils vont retenir la définition de l'organisation²³ et ceux d'Emerson (1962) en ce qui concerne la définition du pouvoir. A partir de la conception de l'organisation comme un système de relations entre des départements, c'est la division du travail qui est la source ultime de pouvoir intra-organisationnel. Dans ce cadre, le pouvoir va être expliqué par les variables qui définissent l'activité associée à chaque unité de production, à son fonctionnement et à ses liens avec les activités des autres unités.

1.2.2/ Les trois facteurs de la dépendance intra-organisationnelle

Ce n'est pas tant les relations d'interdépendance réciproque que leur déséquilibre entre les entités générées par la division du travail qui fait émerger les relations de pouvoir (Cyert & March, 1963). Ainsi dans une organisation, une sous-unité B va avoir plus de pouvoir que d'autres sous-unités dans la mesure où (1) elle a la capacité de satisfaire les besoins des autres sous-unités et (2) elle est la seule à pouvoir le faire²⁴. Dans un environnement économique où le problème central est l'incertitude à laquelle doivent faire face les agents, le pouvoir d'une entité de l'organisation va être déterminé à la fois par sa capacité à résoudre une partie de l'incertitude à laquelle font face les autres entités productives, et par la disponibilité ou non de compétences alternatives pour réduire l'incertitude.

Finalement, la dépendance intra-organisationnelle va être associée au degré auquel une sous-unité résout les problèmes d'incertitude des autres, au degré de substituabilité des activités de cette sous-unité et au degré de centralité de l'organisation qui définit le degré auquel les activités sont liées.

Le premier point est certainement le plus fondamental de l'analyse de Hickson et *al.* (1971, pp. 218-219). L'incertitude est définie au sens de Knight (1921) comme le manque d'information sur les événements futurs qui rend imprévisible les alternatives et leurs résultats. Le traitement de l'incertitude (« *coping with uncertainty* ») représente la manière

²² Hickson et *al.* (1971, p. 216).

²³ L'organisation est « un système de comportements interreliés de gens qui effectuent une tâche qui a été différenciée entre plusieurs sous-systèmes distincts » (Lawrence & Lorsch, 1967, p. 3).

²⁴ Hickson et *al.* (1971, p. 218).

dont on va définir les moyens de traiter l'incertitude générée par l'environnement pour atteindre le degré de performance désiré. Dans une optique proche de celle de Crozier (1963)²⁵ ce n'est pas l'incertitude en elle-même qui donne du pouvoir mais son traitement. « Ainsi les organisations ne cherchent pas nécessairement à éviter l'incertitude ou à réduire son niveau absolu, comme Cyert & March (1963) semblent l'avoir supposé, mais elles cherchent à la traiter »²⁶.

La notion de substituabilité renvoie à l'idée qu'une organisation est d'autant plus dépendante d'une unité productive que ses activités sont peu substituables. Cette idée est étroitement associée à la théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources et renvoie indirectement à la notion de spécificité des actifs développée plus tard par Williamson (qui réfutera par ailleurs la pertinence de l'utilisation du pouvoir dans son modèle explicatif)²⁷.

Enfin la centralité est le degré auquel les activités d'une sous-unité sont interreliées à celles du système, c'est donc le degré auquel cette unité est une composante interdépendante des autres. Deux dimensions sont associées au concept de centralité chez Hickson et *al.* (1971) : d'une part, les activités d'une sous-unité sont centrales si elles sont connectées à beaucoup d'autres activités dans l'organisation, d'autre part elles sont centrales si elles impactent rapidement et fortement les outputs de l'organisation²⁸.

Deux concepts complémentaires vont être liés à ces trois facteurs de dépendance. Le contrôle des contingences²⁹ renvoie au contrôle par une unité productive des ressources nécessaires à la production d'autres unités de l'organisation, utilisant l'output de la première comme inputs. Ce concept fait donc référence à l'interdépendance organisationnelle dans les activités de production et va dépendre à la fois de l'efficacité du traitement de l'incertitude, de la centralité dans le flux de production et du degré de substituabilité des tâches. C'est en quelque sorte le produit de la combinaison de ces trois facteurs. La « routinisation » concerne quant à

²⁵ Crozier & Friedberg (1977) énoncent ainsi que « l'information, c'est du pouvoir ».

²⁶ Hickson et *al.* (1971, p. 220).

²⁷ Voir notamment Williamson (1996), chapitre 9 et particulièrement pp. 238-249.

²⁸ L'approche par les réseaux sociaux capturera ces deux dimensions par les trois mesures de la centralité étudiées plus loin.

²⁹ Hickson et *al.* (1971, p. 222-223) : « une contingence est un besoin d'une des activités de la sous-unité qui est affecté par les activités d'une autre sous-unité ».

elle le degré de standardisation des tâches qui va permettre de réduire l'incertitude sur les inputs (la routinisation « préventive ») et d'augmenter la substituabilité des activités³⁰.

1.2.3/ Un courant de recherche dynamique

Les articles de Hickson et *al.* (1971) et Hinings et *al.* (1974) ont suscité de nombreux tests empiriques parmi lesquels on peut citer Hambrick (1981), Cohen & Lachman (1988), Saunders (1990) et Harpaz & Meshoulam (1997). On peut résumer les résultats de ces études en quelques points. L'ensemble de ces tests valide les principales propositions des articles séminaux, malgré la diversité des contextes organisationnels sur lesquels ils ont porté. De plus, ils permettent de préciser deux éléments clés de ce cadre analytique :

- le traitement de l'incertitude et l'intensité des interactions au sein des réseaux semblent jouer un rôle premier par rapport à la substituabilité des tâches ;
- les dimensions pertinentes de la variable « traitement de l'incertitude » concernent le « champ fonctionnel » des dirigeants (*i.e.* leur positionnement dans la structure) ainsi que les modalités par lesquelles s'effectue l'apprentissage des tendances et des événements qui marquent l'organisation.

Par contre, ces tests s'avèrent indécis quant aux relations de causalité entre contingences environnementales, stratégie déployée et pouvoir intra-organisationnel. Cette indécision relative aux causalités entre ces trois facteurs marque l'ensemble des théories de la contingence structurelle, et est à la source de son éclatement dans les années 1980 et dans sa perte d'audience académique depuis lors.

Les théories de la contingence structurelle sont souvent résumées, abusivement à notre sens, à un déterminisme environnemental simple³¹ selon lequel les organisations les plus performantes sont celles dont la structure interne répond en tout point aux conditions environnementales dans lesquelles elles évoluent (environnement concurrentiel, technologique, réglementaire, etc.). Ce déterminisme a été discuté par Child (1972) dans un article encore aujourd'hui souvent cité. Il convient selon cet auteur de reconnaître le « rôle du choix stratégique comme élément nécessaire à toute théorie adéquate des structures organisationnelles » (p. 17), ce qui l'amène à développer, à la suite d'écrits behavioristes

³⁰ Comme le précisent Hinings et *al.* (1974, p. 23), la routinisation est introduite dans la théorie de deux manières : elle affecte indirectement le pouvoir « soit en réduisant l'incertitude, soit en augmentant la substituabilité ».

³¹ Donaldson (par ex. 1987) critique les auteurs qui font l'amalgame entre ce déterminisme et les théories de la contingence structurelle.

(March & Simon, 1958), une perspective politique de l'organisation en termes de « coalitions dominantes ». La possibilité de l'exercice du choix provient de la multiplicité des contingences contextuelles contradictoires entre elles, aux implications structurelles conflictuelles. L'idée est que ces contingences créent des « zones grises » pour les décideurs qui correspondent à des espaces à l'intérieur desquels le choix stratégique peut s'exercer. Les contraintes contextuelles voient leur valeur explicative des structures organisationnelles diminuer aux dépens du conflit politique et de la dynamique de coalitions qui tirent l'équilibre organisationnel vers la cohérence structurelle. La recherche de cohérence au niveau des facteurs de conception de l'organisation peut engendrer un double mouvement : l'adéquation contingences environnementales / structure organisationnelle peut être restaurée par un ajustement de la structure aux contingences (comme le considèrent les théories traditionnelles de la contingence structurelle) ou bien par un ajustement des contingences aux structures (dans ce cas, la perspective des théories de la contingence est renversée).

La contribution de Child (1972) est importante car elle inspirera les théories des configurations organisationnelles, dont Mintzberg (1982, 1986) est sans doute le représentant le plus connu. On reconnaît très facilement, à partir des éléments décrits plus haut, l'hypothèse de « configuration élargie » que formule cet auteur : afin d'améliorer la congruence structure / contingences, il convient de s'assurer que l'organisation puisse choisir « non seulement ses paramètres de conception, mais aussi certains facteurs de contingences » (1982, p. 208). C'est cette hypothèse qui marque toute l'approche de la dynamique organisationnelle de Mintzberg. Dans son ouvrage de 1986, l'auteur fonde sur cette même contribution de Child sa vision du pouvoir organisationnel : il développe et met au cœur de la dynamique organisationnelle les jeux politiques qui servent de prélude aux choix stratégiques.

1.3/ La théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources

L'autre article séminal sur le pouvoir intra-organisationnel est celui de Salancik & Pfeffer (1974) qui définit les bases de la théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources.

Dans cet article, les auteurs examinent les effets du pouvoir des sous-unités sur la prise de décision organisationnelle et les bases du pouvoir de ces sous-unités dans le contexte d'une université. Pour ce faire, ils formulent deux hypothèses principales, selon lesquelles :

- les sous-unités acquièrent du pouvoir dans la mesure où elles fournissent des ressources critiques pour l'organisation ;

- le pouvoir affecte les allocations de ressource au sein de l'organisation dans la mesure où ces ressources critiques sont rares au sein de l'organisation.

Le pouvoir dans les systèmes sociaux peut être vertical ou horizontal, il peut être interpersonnel ou impliquant des relations entre les unités de l'organisation. Alors que la science sociale s'est davantage intéressée au pouvoir vertical interpersonnel, c'est-à-dire à l'influence d'une personne sur une autre, habituellement dans une relation supérieur/subordonné, il faut selon les auteurs s'intéresser davantage à la question des différences de pouvoir entre sous-unités d'une organisation afin d'identifier à la fois les différences de pouvoir horizontal (l'utilisation de l'influence entre pairs pour obtenir des bénéfices pour soi-même) des sous-unités, les facteurs menant à ces différences et enfin les conditions sous lesquelles le pouvoir est utilisé pour affecter le processus d'allocation des ressources.

Leur étude prolonge des travaux antérieurs sur cette thématique, parmi lesquels Crozier (1963), pour qui la maîtrise de l'incertitude critique pour le fonctionnement de l'organisation détermine la distribution du pouvoir, Thompson (1967) pour qui ceux qui peuvent traiter au mieux les contingences organisationnelles critiques détiennent le pouvoir, et Perrow (1970) qui introduit la notion de « fonction critique »³². A la suite de Thompson (1967), l'approche de Hickson et *al.* (1971) développe comme on l'a vu une théorie du pouvoir relatif des sous-unités basée sur l'idée du traitement des contingences critiques.

Toutes ces approches se concentrent sur les contingences organisationnelles provenant de l'organisation elle-même. Comme le précisent Salancik & Pfeffer, les contingences organisationnelles critiques peuvent provenir aussi de son environnement. De ce point de vue, « les organisations en tant que systèmes sociaux ouverts dépendent d'un cycle d'acquisition de ressources, consommations intermédiaires et output de leur survie ». Dès lors, « si l'acquisition de ressources importantes pour l'organisation est une source de pouvoir pour les sous-unités, il est probable que cela soit une source de pouvoir d'autant plus importante que le processus d'acquisition lui même devient de manière croissante incertain et problématique pour l'organisation »³³. Leur message est donc que les contingences critiques dérivent du contexte environnemental dans lequel les organisations opèrent, celui-ci déterminant les ressources disponibles et les problèmes à traiter.

³² Perrow (1970, p. 66) : « ceux qui détiennent la fonction la plus critique tendent à avoir le plus de pouvoir ».

³³ Salancik & Pfeffer (1974, p. 455).

Les résultats qu'ils obtiennent montrent que le pouvoir des départements est hautement corrélé à la capacité à obtenir des contrats et gratifications et que le pouvoir est davantage utilisé dans l'allocation des ressources critiques et rares plutôt que dans l'allocation des ressources les moins rares et les moins critiques. Enfin, en ce qui concerne le degré de généralité de leur étude (qui concerne les universités), ils remarquent que « la forme de l'interdépendance trouvée dans l'organisation affecte probablement le degré auquel les sous-unités vont se disputer les ressources, mais pas les propositions basiques qui concernent les conditions susceptibles de créer du pouvoir ou de causer son utilisation »³⁴.

Finalement, leur approche se différencie relativement peu de l'approche de Hickson et *al.* (1971). Salancik & Pfeffer (1977) développent même explicitement la mesure du pouvoir dans la perspective de la théorie des contingences structurelles. Ils reviennent à une définition du pouvoir plus générale : c'est simplement « la capacité à faire en sorte que les choses soient faites comme on souhaite qu'elles le soient »³⁵. L'origine du pouvoir provient de la capacité à traiter les contingences organisationnelles ; le pouvoir échoit donc aux sous-divisions de l'organisation capable de traiter les problèmes critiques de l'organisation. Il a une utilité en ceci qu'il permet l'adaptation de l'organisation à son environnement. Il est partagé parce « personne ne contrôle toutes les activités désirées dans l'organisation »³⁶.

Ils développent par ailleurs une théorie bi-dimensionnelle du pouvoir, comme « capacité d'influence qui s'étend au delà des bases qui l'ont créé » et comme « forme institutionnalisée »³⁷ qui lui permet de durer au-delà de son utilité pour l'organisation. Dans sa forme la plus simple, l'institutionnalisation est atteinte par la création de positions et de rôles pour les activités de l'organisation. La création d'un nouveau poste légitime une fonction et force les membres de l'organisation à s'y référer. Une autre source importante du pouvoir institutionnalisé tient dans la capacité à structurer les systèmes d'information³⁸, et on trouve

³⁴ Salancik & Pfeffer (1974, p. 472).

³⁵ Salancik & Pfeffer (1977, p. 4).

³⁶ Salancik & Pfeffer (1977, p. 7).

³⁷ L'institutionnalisation est définie comme « l'établissement de structures relativement permanentes qui favorisent le pouvoir d'une sous-division particulière » (Salancik & Pfeffer, 1977, p. 18).

³⁸ Salancik & Pfeffer (1977, p. 19) « Evidemment ceux qui ont de l'information sont en meilleure position pour interpréter les problèmes de l'organisation [...] ».

ici une problématique développée par Pettigrew (1972) ou Spekman (1979)³⁹ qui articulent pouvoir et information organisationnelle⁴⁰.

Conclusion section 1

Beaucoup d'approches du pouvoir partagent la référence à la théorie de l'échange ou au modèle de dépendance (Emerson, 1962). Démarrant de ce point de vue, la théorie des contingences structurelles (Hickson et *al.*, 1971) et la théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources (Salancik & Pfeffer, 1974, 1977) déduisent que le pouvoir (l'inverse de la dépendance) est tiré du contrôle des ressources critiques. Les acteurs de l'organisation qui contrôlent une ressource augmentent la dépendance des autres vis-à-vis d'eux et obtiennent par le processus d'échange (mécanisme d'auto-renforcement) d'autres ressources additionnelles et sont en mesure de faire prévaloir leurs intérêts. Cela fait dire à Brass (2002, p. 139) que « c'est aussi simple que l'offre et la demande. Vous avez du pouvoir dans la mesure où vous contrôlez l'offre de ressources (peu d'alternatives existent) qui sont beaucoup demandées et vous dépendez peu des autres en ce qui concerne l'offre des ressources que vous demandez ».

A la suite des travaux fondateurs sur le contrôle des ressources, la voie qui va être la plus développée va être celle de l'étude des indicateurs de centralité (déjà présente chez Hickson et *al.*, 1971) qui s'inscrit dans l'approche plus large de l'analyse des réseaux sociaux. Les analyses en termes de centralité ont ceci de remarquable qu'elles proposent des tentatives de mesure du pouvoir.

³⁹ Spekman (1979) suggère dans ses travaux que les unités d'une organisation tirent leur pouvoir de leur habileté à obtenir de l'information en provenance de l'environnement.

⁴⁰ Pour Pettigrew (1972), les systèmes de communication dans les organisations ont trois rôles principaux : ils servent à formuler et implémenter les objectifs de l'organisation, ils permettent la coordination des différentes activités, ce sont aussi des supports de pouvoir. Son papier s'intéresse à la question de l'accès différencié aux flux de communications pendant le processus de prise de décision. L'accès à l'information et son contrôle (décrit en référence à la position structurale du « gardien de porte » (*gatekeeper*) technique) est considéré comme une ressource de pouvoir, dans la logique développée par Barber (1966, p. 65) : « dans la mesure où la connaissance c'est du pouvoir, les systèmes de communication sont des systèmes de pouvoir », l'objectif de Pettigrew est de rendre opérationnel le phénomène de filtrage de l'information par un « gatekeeper », dans le but de satisfaire ses propres intérêts, durant un processus de prise de décision.

Section 2 : Centralité et pouvoir

L'articulation entre centralité et pouvoir est exprimée simplement par Pfeffer (1981, p. 130) : « si le pouvoir découle en partie de la capacité à résoudre l'incertitude ou de la capacité à impacter le processus de décision, alors la position de quelqu'un dans le réseau de communication est clairement un indicateur important de pouvoir individuel ».

De manière plus précise, les positions différentes générées (horizontalement et verticalement) par la division du travail sont interconnectées par un ensemble de flux qui forment « un réseau stable d'interactions schématisés »⁴¹. Sur cette base, Tichy & Fombrun (1979) puis Tichy et *al.* (1979) ont développé l'idée selon laquelle les relations de pouvoir dans l'organisation pouvaient être analysées de manière pertinente en référence à ce réseau d'interactions. La centralité de réseau peut être regardée comme une source supplémentaire de pouvoir intraorganisationnel au regard de la capacité d'un acteur à générer des dépendances au travers de l'échange de ressources. Un tel pouvoir provient de la position d'un acteur dans le réseau plutôt que d'un contrôle des ressources au sein d'une relation d'échange particulière.

2.1/ Présentation de l'approche des réseaux sociaux⁴²

Cette approche est multidimensionnelle : elle suppose de redéfinir ce qu'est une organisation, elle mobilise la théorie des graphes et elle se prête particulièrement bien au traitement des études sur le pouvoir.

2.1.1/ De l'organisation au réseau

Tichy et *al.* (1979) présentent l'approche en termes de réseaux sociaux comme une nouvelle perspective d'analyse de l'organisation, dans laquelle « les organisations peuvent être vues comme des groupements sociaux dont les schémas d'interaction sont relativement stables dans le temps. Un tel modèle d'organisation [...] nécessite un modèle cohérent et des méthodes d'analyse capables de capturer les processus établis et émergents »⁴³.

⁴¹ Astley & Sachdeva (1984, p. 33).

⁴² Pour les développements récents, cf. Lazega (1998), Mercklé (2004) et Lemieux & Ouimet (2004).

⁴³ Tichy et *al.* (1979, p. 507).

Cette approche théorique a profondément modifié à la fois les méthodes de collecte des données et les méthodes d'analyse des données, à tel point qu'elle semble capable de réconcilier les dimensions micro et macro du comportement organisationnel dans lesquelles s'inscrivent le pouvoir (Crozier, 1973). Elle considère les organisations comme des systèmes ouverts d'objets (les gens, les groupes, les organisations elles-mêmes) unis par une variété de relations. L'analyse des réseaux concerne donc la manière dont ces relations se structurent et s'organisent et cherche à identifier à la fois les causes et les conséquences de cette structuration. Un avantage de cette approche est qu'elle semble capable de saisir à la fois les aspects statiques et dynamiques des organisations en se concentrant sur les liens entre les objets sociaux dans le temps.

Il faut remonter aux travaux pionniers de Bavelas (1948)⁴⁴ et Leavitt (1951)⁴⁵ pour trouver une conception de la structure des groupes explicitement en termes de réseau. Les différentes propriétés du réseau sont classées par Tichy & Fombrun en trois grandes catégories⁴⁶.

On identifie tout d'abord le contenu transactionnel des échanges au sein d'un réseau qui permet de distinguer entre les échanges de biens et services, les échanges d'information, les échanges d'influence et les échanges qui sont du domaine des liens affectifs. Ensuite, la nature des liens peut être étudiée du point de vue de leur intensité (la force de la relation entre deux individus), de leur réciprocité (leur degré de symétrie) ou de leur multiplicité, dans le cas par exemple où les individus ont plusieurs rôles dans l'organisation : travailleur, conjoint, membre de la communauté.

Enfin, les caractéristiques structurelles du réseau concernent sa taille (le nombre d'individus constituant le réseau), sa densité (le nombre de liens divisé par le nombre maximum de liens

⁴⁴ Bavelas est un psychologue pionnier de l'utilisation de la topologie dans son champ de recherche. Il présente et étend dans son article de 1948 le modèle formel (définitions, hypothèses) de Lewin (1938), autre psychologue, qui a développé une approche des propriétés d'un ensemble à partir de l'idée de "chemin le plus court" que l'on trouve en théorie des graphes. Par ailleurs, il a énoncé l'idée selon laquelle ces concepts étaient pertinents pour analyser des problèmes de structures de groupes, l'organisation d'individus dans des groupes sociaux.

⁴⁵ Leavitt prolonge les travaux de Bavelas en explorant de manière expérimentale la relation entre le comportement de petits groupes et le schéma de communication dans lequel le groupe opère. Il étudie spécifiquement les conditions imposées aux membres du groupe par différents schémas de communication, et les effets de ces conditions sur l'organisation et le comportement des membres. Les résultats principaux de son expérimentation énoncent tout d'abord que le schéma de communication affecte le comportement des membres en ce qui concerne la précision des informations, ensuite que les positions occupées dans le réseau affectent également leur comportement (contribution à l'organisation du groupe, potentiel de leadership) et enfin que la caractéristique des schémas de communication la plus corrélée avec les différences comportementales observées est une mesure de la centralité : l'indice définissant dans quelle mesure l'acteur est périphérique dans la structure.

⁴⁶ Tichy et al. (1979, p. 508).

possibles), le nombre de *clusters*⁴⁷, sa stabilité dans le temps, sa « joignabilité » (*reachability*) qui est le nombre moyen de liens reliant chaque paire d'individus, et le degré de centralité des membres du réseau⁴⁸.

L'avantage déterminant de ce type d'approche est qu'elle permet de prendre en compte la dichotomie traditionnelle entre structure formelle et structure informelle (March & Simon, 1958). Ainsi, Tichy & Fombrun (1979, p. 926) distinguent la structure formelle (de commandement) et la structure émergente (ou informelle) qui doivent selon eux « être traitées ensemble » dans la mesure où « chacune est susceptible d'être analysée de manière similaire et systématique ».

2.1.2/ Les débats autour du recueil des données et des méthodes de traitement

La plupart du temps, l'analyse repose sur des données sociométriques, la sociométrie étant une méthode pour établir la relation entre des unités. Le degré (souvent la présence ou l'absence de relation) auquel une unité est reliée à une autre est cartographiée. Le problème des données sociométriques est qu'elles sont faciles à collecter mais difficiles à analyser. On distingue quatre grandes méthodes de traitement.

La première est l'analyse de position, qui recouvre l'utilisation des données organisationnelles formelles (organigrammes) détaillant les liens de communication. Ce sont pour un certain nombre d'analystes les données les moins informatives parce qu'elles ne prennent pas en compte les processus à l'œuvre dans l'organisation. Elle est donc plus appropriée dans l'analyse descriptive de la structure existante.

La seconde est la méthode réputationnelle/attributionnelle qui est utilisée pour étudier l'influence des individus telle qu'elle est perçue par les membres de la structure dans des domaines précis (Krackhardt, 1990). Cette méthode permet d'appréhender les relations de pouvoir mais elle est souvent biaisée par le type de questions posées (ex : qui dirige la communauté ?).

⁴⁷ Boissevain (1974) appelle clusters les régions d'un réseau dans lesquelles les acteurs sont davantage liés entre eux qu'avec le reste des acteurs du réseau.

⁴⁸ On y trouve par ailleurs l'identification de caractéristiques particulières appelées par Tichy & Fombrun « les nœuds spéciaux du réseau » : l'étoile est un individu avec le nombre maximum de liens, la liaison est un individu qui ne fait pas partie d'un cluster mais qui est relié à un ou plusieurs clusters, le pont est un individu membre de plusieurs clusters, le gardien (*gatekeeper*) est l'étoile qui est également relié à des points extérieurs (Petitgrew, 1972) et l'individu isolé.

Ensuite, l'analyse de la décision, initiée par Dahl, critique la pertinence des deux approches précédentes pour établir les réseaux d'influence et met en lumière « le processus de prise de décision comme noyau du phénomène de pouvoir, et c'est ce processus qui est l'objet de la recherche »⁴⁹. Cette méthode pourrait d'un point de vue méthodologique avoir la préférence d'économistes spécialisés en économie de l'information si ce n'est qu'elle est sujette à de nombreuses critiques⁵⁰.

Enfin, la méthode « interactionnelle » s'intéresse à la fois aux problèmes de communication et d'influence. Elle se concentre sur le flux des interactions (ou d'influences) et à leurs *feedbacks*, le pouvoir étant considéré ici comme une contrainte guidant ces flux.

Les difficultés méthodologiques de l'analyse des données sociométriques sont fondées sur un paradoxe : ces données correspondent à une représentation très intuitive du monde et sont extrêmement faciles à collecter si bien que les chercheurs peuvent rapidement se trouver confrontés à une surabondance de données.

Deux ensembles de méthodes sont généralement utilisées pour l'analyse, une qui est basée sur la manipulation des mesures de proximité⁵¹ et l'autre qui est basée sur la théorie des graphes, dans la lignée de l'article séminal de Luce & Perry (1949).

Le concept d'équivalence structurale (Lorrain & White, 1971, Burt, 1992) et la modélisation par blocs (technique consistant à regrouper les individus structurellement équivalents) sont associés à la première et ont été développés au début des années 1970.

En ce qui concerne les approches mathématiques (en termes de théorie des graphes) de l'analyse de données sociométriques, elles ont été largement définies par Harary, Norman & Cartwright (1965) qui, partant d'une matrice représentant des individus, arrangent les individus en fonction de critères pré-définis à l'aide de techniques qui vont des permutations de matrices jusqu'aux modèles de théorie des graphes plus élaborés. Cette méthode est aujourd'hui largement utilisée pour l'étude des organisations informelles (Krackhardt, 1994).

⁴⁹ Dahl (1963, p. 53).

⁵⁰ Ainsi pour Tichy et al. (1979, p. 511), elle néglige l'influence indirecte, elle n'est pas facilement généralisable, il est difficile d'y définir les éléments clés, elle est complexe à utiliser et elle néglige le processus de prise de « non-décision ».

⁵¹ La proximité est un indice reflétant la distance sociale entre individus.

2.2/ Eléments de théorie des graphes

Nous ne présentons ici que les éléments de théorie des graphes qui serviront notre propos à la fois pour les aspects de centralité, l'analyse de Salancik et pour la théorie des graphes d'influence (chapitre 4 et 5)⁵².

2.2.1/ Le graphe en tant que schéma

Si l'on suit la définition de Berge (1970, p. 153), « on appellera graphe G tout schéma situé dans \mathbb{R}^n (n étant le plus souvent égal à 2), constitué :

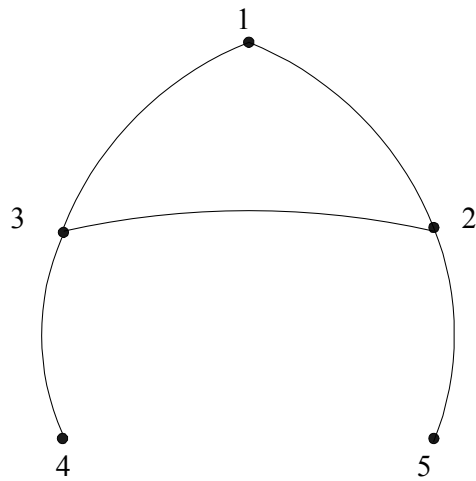
- d'une part d'un ensemble X de points de \mathbb{R}^n appelés sommets du graphe ; à moins d'indications contraires, nous supposerons que les sommets sont en nombre fini ;
- d'autre part, d'un ensemble U de lignes, munies ou non d'une orientation (l'absence d'orientation pouvant s'interpréter comme une double orientation) reliant chacune deux sommets (distincts ou non), et eux deux seulement ; chacune de ces lignes est entièrement définie par le couple ou la paire (x_i, x_j) de sommets qu'elle relie :
 - ce couple étant ordonné comme l'indique le sens d'orientation dans le cas où la ligne en porte un, celle-ci s'appelle alors un arc ;
 - cette paire étant dépourvue d'ordre – ou considérée comme la juxtaposition des deux couples ordonnés (x_i, x_j) , (x_j, x_i) – dans le cas où la ligne ne porte aucun sens d'orientation, elle s'appelle alors une arête et s'identifie à deux arcs orientés en sens opposé entre les deux mêmes sommets » ;

Le graphe est alors noté $G = (X, U)$.

Un aspect intéressant de la théorie des graphes est que l'on peut associer à chaque graphe ainsi défini une matrice booléenne, qui est un tableau carré à double entrée dont les lignes et les colonnes correspondent chacune à un sommet et dont les cases contiennent un 0 ou un 1 selon qu'existe ou non une arête joignant le sommet associé à la ligne considérée au sommet associé à la colonne considérée. Imaginons par exemple une organisation représentée par un graphe dont les sommets sont les membres de l'organisation et les arêtes sont les liens de communication symétrique :

⁵² Les outils de la théorie des graphes mobilisés dans l'analyse des réseaux sociaux sont détaillés dans un des ouvrages de référence sur le sujet : Wasserman & Faust (1994). Pour un exposé plus général, une bonne introduction est donnée par Chartrand (1985), ou Busacker & Saaty (1965). Les ouvrages de Roy (1969, 1970) sont plus complets et celui de Diestel (1997) est réservé plutôt à un public de mathématiciens.

Graphe n°1



Ce graphe peut être représenté par la matrice booléenne suivante :

	1	2	3	4	5
1	0	1	1	0	0
2	1	0	1	0	1
3	1	1	0	1	0
4	0	0	1	0	0
5	0	1	0	0	0

2.2.2/ Le graphe en tant que représentation d'une relation binaire

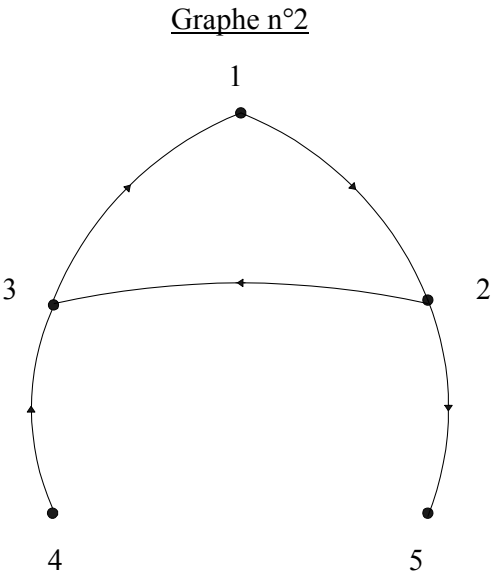
2.2.2.1/ Graphe orienté versus graphe non orienté

Le graphe ne représente ni la forme des objets symbolisés par l'ensemble X ni celle de leurs liaisons, il représente les relations fonctionnelles qu'entretiennent ces objets (Lantner, 1974, p. 42). On peut donc associer à la définition schématique du graphe une définition « relationnelle », par laquelle un graphe $G = (X, U)$ représente une relation binaire R de X vers X . Lorsque la relation est univoque, les liens sont des arcs et le graphe est orienté. Dans ce cas U représente l'ensemble des couples ordonnés de $X \otimes X$ pour lesquels R est vérifiée. Lorsque la relation est biunivoque, les liens sont des « arêtes » et le graphe est non orienté.

Dans ce cas, U représente l'ensemble des paires non ordonnées de $X \otimes X$ pour lesquelles R est vérifiée.

Bien que les approches en termes de réseaux sociaux privilégient l'étude de graphes non orientés lorsqu'ils étudient le pouvoir, un certain nombre de concepts utiles pour notre propos sont associés aux graphes orientés.

Reprenons l'organisation décrite par le graphe n°1 en définissant cette fois-ci une relation univoque « communique avec » qui restreint les relations entre membres, on obtient alors le graphe n°2 suivant :



L'introduction d'un sens de communication va modifier le graphe qui devient orienté et la matrice booléenne associée au graphe devient :

	1	2	3	4	5
1	0	1	0	0	0
2	0	0	1	0	1
3	1	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0

2.2.2.2/ Quelques concepts usuels

Deux arêtes (ou arcs) sont dits *adjacents* s'ils sont distincts et s'ils possèdent une extrémité commune⁵³. Une *chaîne* est une séquence non vide d'arêtes deux à deux adjacentes. Un *cycle* est une chaîne finie et fermée. On dira d'un graphe à n sommets qu'il est un *arbre* s'il est sans cycle et possède $(n-1)$ arêtes. On appelle *arborescence* un arbre dont l'orientation est telle que chacun de ses sommets, à l'exception d'un seul appelé *racine*, est l'extrémité terminale d'un seul arc, la racine n'étant l'extrémité terminale d'aucun arc.

Un *chemin* est une séquence non vide d'arcs deux à deux adjacents orientés dans le même sens. On appelle chemin de i à j le chemin dont le sommet i est l'origine du premier arc et le sommet j l'extrémité du dernier. Lorsque i coïncide avec j , le chemin de i à j est appelé *circuit*, qui est donc un chemin fini et fermé.

La longueur d'un chemin (ou d'un circuit) est le nombre d'arcs qui séparent son origine de son extrémité⁵⁴. Le chemin le plus court reliant deux sommets est appelé *géodésique*. Un circuit de longueur unitaire s'appelle une *boucle*.

Un chemin (circuit) est dit *hamiltonien* s'il passe par tous les sommets du graphe, *eulérien* s'il passe par tous les arcs de ce graphe. Il est dit *élémentaire* s'il ne rencontre pas deux fois le même sommet.

Un graphe *complet* est un graphe dans lequel chaque sommet est relié aux autres sommets par un arc ou une arête (tous les sommets sont reliés deux à deux). On appelle graphe *partiel* d'un graphe $G = (X, U)$ tout graphe $G' = (X, U')$ construit à partir du même ensemble de sommets que G mais auquel on retire un ou plusieurs arcs ($U' \subset U$). Un *sous-graphe* de G est un graphe $G'' = (X'', U'')$ dont on retire un ou plusieurs sommets ainsi que les arcs qui ont une ou deux extrémités en ces sommets ($X'' \subset X$ et $U'' \subset U$)⁵⁵.

⁵³ Remarquons que Freeman (1979, p. 219) définit le concept d'adjacence en prenant comme référence les points et non leurs liens.

⁵⁴ On peut déterminer le nombre de chemins (élémentaires et non élémentaires) de longueur l dans un graphe à partir du nombre d'éléments non nuls de la matrice booléenne associée au graphe élevée à la puissance l . Ainsi, la matrice initiale donne le nombre d'arcs, la matrice au carré donne le nombre de chemins de longueur 2, la matrice au cube donne le nombre de chemins de longueur 3 etc. (cf. Lequeux, 2002).

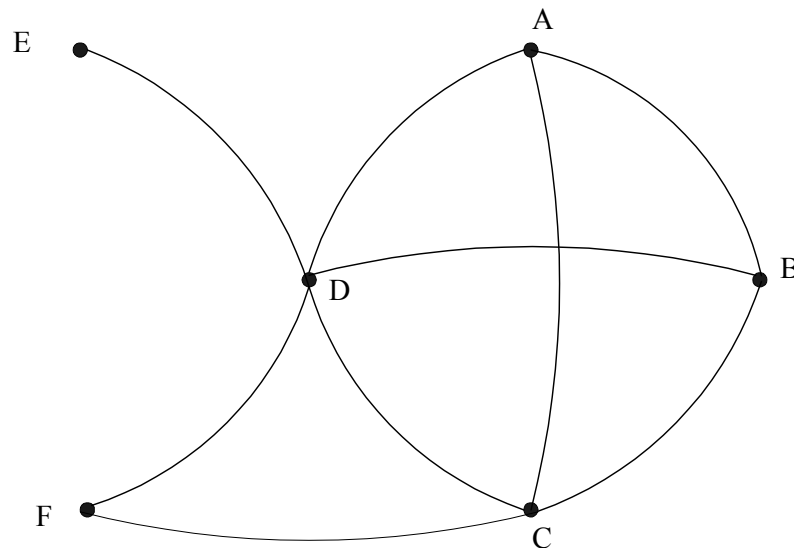
⁵⁵ Lantner (1974, pp. 46-47) donne des définitions au sens large du graphe partiel et du sous graphe alors que nous en donnons une définition au sens strict.

2.3/ Indicateurs de centralité et pouvoir

2.3.1/ Indicateurs de centralité

Dans le domaine de l'analyse structurale, la notion de centralité est utilisée dans le but de comparer la position plus ou moins centrale des sommets dans un graphe non orienté (Freeman, 1979, Bonacich, 1987, Friedkin, 1991). Parmi toutes les mesures de centralité existantes, ce sont celles données par Freeman (1979) qui sont les plus utilisées. Nous allons les présenter en partant d'une structure de communication (symétrique) représentée par le graphe suivant :

Graphe n°3



2.3.1.1/ La centralité de degré

C'est une mesure qui reflète l'activité relationnelle directe d'un membre dans la structure. Elle mesure le nombre de connexions directes de chacun des membres dans le graphe. Selon cette mesure, l'individu qui occupe la position la plus centrale dans un graphe (dans l'organisation) est celui qui détient le plus grand nombre de connexions directes avec les autres. A partir de la matrice booléenne associée au graphe n°3, on peut déterminer le nombre total de connexions d'un individu :

	A	B	C	D	E	F	Total
A	0	1	1	1	0	0	3
B	1	0	1	1	0	0	3
C	1	1	0	1	0	1	4
D	1	1	1	0	1	1	5
E	0	0	0	1	0	0	1
F	0	0	1	1	0	0	1

Sur la base de ce critère, l'individu D est le plus central dans la structure (5 liens directs), suivi de C (4 liens directs). Les individus E et F sont les moins centraux.

2.3.1.2/ La centralité de proximité

C'est une mesure qui repose sur la distance géodésique, c'est-à-dire la longueur du plus court chemin reliant deux acteurs. Freeman (1979) définit cette notion pour mesurer le degré d'indépendance d'un agent dans la structure : un point est central dans la mesure où il peut éviter le contrôle potentiel des autres⁵⁶.

On obtient un degré d'éloignement d'un acteur en faisant la somme des distances géodésiques qui le séparent des autres membres de l'organisation, que l'on représente dans le tableau ci-dessous.

Paire considérée	géodésique	Distance
(A,B)	AB	1
(A,C)	AC	1
(A,D)	AD	1
(A,E)	ADE	2
(A,F)	ADF, ACF	2
(B,C)	BC	1
(B,D)	BD	1
(B,E)	BDE	2
(B,F)	BDF, BCF	2
(C,D)	CD	1

⁵⁶ Freeman (1979, p. 224) : « L'indépendance d'un point est déterminée par sa proximité par rapport à tous les autres ».

(C,E)	CDE	2
(C,F)	CF	1
(D,E)	DE	1
(D,F)	DF	1
(E,F)	EDF	2

Si on reproduit la matrice booléenne initiale en indiquant dans chaque case la distance géodésique entre l'individu représenté en ligne et l'individu représenté en colonne, on obtient :

	A	B	C	D	E	F	Total
A	0	1	1	1	2	2	7
B	1	0	1	1	2	2	7
C	1	1	0	1	2	1	6
D	1	1	1	0	1	1	5
E	2	2	2	1	0	2	9
F	2	2	1	1	2	0	8

Le membre le plus central du point de vue de la proximité est D qui a un accès direct à tous les autres membres et ne dépend donc pas d'intermédiaires pour le faire. A la suite de Bavelas (1948), cette mesure peut être interprétée comme mesure de l'efficacité du schéma de communication.

2.3.1.3/ La centralité d'intermédiarité

Freeman (1979) a élaboré cette mesure afin de rendre compte de la capacité des individus à assurer un rôle de coordination et de contrôle. Plus un acteur aura une position intermédiaire et plus il aura la capacité de contrôler la circulation de l'information⁵⁷.

Cet indicateur s'obtient en quatre étapes :

- il faut répertorier les situations où l'individu concerné est connecté directement à deux autres individus qui ne sont pas reliés entre eux. Par exemple, la lecture du tableau plus haut montre que D est intermédiaire 6 fois ;

⁵⁷ Freeman (1979, p. 221) : « un point se trouvant sur les chemins de communication entre les autres points a un contrôle potentiel sur leurs communications. C'est ce contrôle potentiel qui définit la centralité de ces points ».

Situations où D est en position d'intermédiaire entre deux individus non connectés
Entre A et E
Entre A et F
Entre B et E
Entre B et F
Entre C et E
Entre E et F

- pour chaque situation, il faut trouver le nombre de géodésiques liant la paire d'individus. Par exemple, D est intermédiaire entre F et B mais pour joindre B, F peut aussi passer par C. dans ce cas le nombre de géodésiques reliant F à B est 2 ;

Situations où D est en position d'intermédiaire entre deux individus non connectés	Nombre de géodésiques
Entre A et E	1
Entre A et F	2
Entre B et E	1
Entre B et F	2
Entre C et E	1
Entre E et F	1

- pour chacune des six situations, il faut trouver la proportion du nombre de géodésiques où D est intermédiaire ;

Situations où D est en position d'intermédiaire entre deux individus non connectés	Nombre de géodésiques	Proportion des géodésiques où D est intermédiaire
Entre A et E	1	1/1
Entre A et F	2	1/2
Entre B et E	1	1/1
Entre B et F	2	1/2
Entre C et E	1	1/1
Entre E et F	1	1/1

- Enfin on additionne les proportions pour obtenir l'indicateur de centralité d'intermédiarité. D obtient un score de 5 et un calcul similaire donne un score de 1 pour C.

Le membre D de la structure représentée est central quelque soit l'indicateur considéré, ce qui n'est pas toujours le cas dans d'autres structures ou lorsque que l'on calcule les indicateurs de centralité en affectant aux liens des pondérations⁵⁸. Bonacich (1987) propose dans cet esprit un indicateur de centralité d'un individu qui pondère les liens directs par la centralité des autres individus auxquels il est relié⁵⁹.

2.3.2./ La centralité comme indicateur du pouvoir

2.3.2.1/ Précautions méthodologiques

Il revient à Tichy & Fombrun (1979), Brass (1984) et surtout Brass & Burkhardt (1992) d'avoir donné une interprétation des indicateurs de centralité en termes de pouvoir.

Ils commencent par remarquer que si la représentation d'un diagramme en étoile confère de manière intuitive au nœud central la position la plus appréciable en termes de pouvoir (Freeman, 1979), l'exercice devient plus difficile lorsque le réseau est plus complexe et qu'il représente par exemple une organisation constitué d'un grand nombre d'individus et de groupes. Dans ce cas il est nécessaire de s'interroger sur la nature de la centralité qu'il faut prendre en compte, à savoir la centralité dans un groupe particulier ou la centralité dans toute l'organisation. Cela relève d'un problème d'unité de référence, auquel s'ajoute celui consistant à savoir quelle est la combinaison pertinente de nœuds et de liens qu'il faut prendre en compte.

Si l'on s'intéresse particulièrement aux propriétés du système et aux liens indirects, on peut aboutir à des mesures de centralité (pour un individu) qui pondèrent la centralité individuelle par la centralité de ceux auxquels l'individu en question est directement connecté (Bonacich, 1987). De ce point de vue, la centralité d'un agent augmente lorsqu'il est connecté à d'autres agents qui sont eux-mêmes centraux. Dès lors, à partir d'une corrélation forte entre centralité

⁵⁸ On pourra par exemple affecter un poids décroissant aux liens successifs qui relient un sommet du graphe à un autre. Dans un schéma de communication, cela correspondrait à une déperdition de la qualité du message émis avec le nombre d'intermédiaires.

⁵⁹ On verra à la section suivante que Salancik (1986) mène une analyse du même ordre.

et pouvoir, telle qu'elle a par exemple été identifiée par Hinings et *al.* (1974) on peut en déduire qu'un individu a d'autant plus de pouvoir que ses relations en ont.

Cette démarche est néanmoins insuffisante si l'on ne prend pas également en compte la nature du réseau que l'on étudie. En effet, s'il est probable que dans un réseau de communication le fait d'être relié à des individus puissants permette d'acquérir de l'information pertinente, dans un réseau de négociation cela peut produire des résultats négatifs.

Afin de prendre en compte ces difficultés, Brass & Burkhardt (1992) examinent de manière empirique la relation existant entre pouvoir et centralité au sein d'une organisation. A partir de la théorie de la dépendance d'Emerson (1962) et de ses prolongements, ils fondent le pouvoir (l'inverse de la dépendance) sur le contrôle des ressources pertinentes. Le contrôle d'un agent implique que l'autre agent ait moins de sources alternatives pour acquérir la ressource en question. Ils reprennent alors les trois grandes familles de centralité (degré, proximité, intermédiarité) déclinées sur quatre unités de référence (groupe de travail, département, organisation et coalition dominante) pour trois types de réseaux (production, communications, amitié), ces derniers étant définis dans Tichy & Fombrun (1979)⁶⁰.

2.3.2.2/ Les indicateurs de centralité comme indicateurs de dépendance

Le contrôle d'un acteur implique que l'autre acteur ait moins de sources alternatives pour acquérir la ressource en question. Deux dimensions sont liées à ce type d'approches :

- les employés capables de contrôler les ressources désirées par d'autres accroissent la dépendance de ces derniers vis-à-vis d'eux et sont capables, par le biais du processus d'échange, d'acquérir les ressources ou d'atteindre les résultats qu'ils souhaitent ;
- ceux qui cherchent le pouvoir doivent diminuer leur dépendance vis-à-vis des autres en augmentant les sources alternatives d'obtention de la ressource ou du produit désiré. En d'autres termes, ils doivent avoir accès aux ressources pertinentes indépendantes (non contrôlées ou intermédiées) des autres individus de la structure.

En bref, pour acquérir du pouvoir dans l'organisation, il faut à la fois diminuer sa dépendance vis-à-vis des autres et augmenter leur dépendance vis-à-vis de soi.

⁶⁰ Pour Tichy & Fombrun (1979), l'attention particulière portée à tel ou tel type d'échange dans le réseau (échanges de biens, échange affectifs, échanges d'information et d'idées, échange de pouvoir et d'influence) peut aboutir au final à l'identification des liens les plus forts (et les plus faibles) dans la structure. Cela peut mener à s'intéresser à la nature des liens « forts et faibles » (Granovetter, 1973).

Les trois concepts de centralité peuvent être interprétés en termes de dépendance donc dans une perspective de pouvoir.

Tout d'abord, la centralité de degré peut représenter le nombre d'alternatives disponibles pour un agent de la structure. Quelqu'un qui augmente le nombre d'alternatives augmente son pouvoir, si l'on fait l'hypothèse que ces alternatives ont de la valeur pour l'individu. Par ailleurs, cela évite d'avoir à supporter une quelconque intermédiation procurant un accès indirect aux ressources.

Ensuite, la centralité de proximité prend en compte à la fois les liens directs et indirects. Selon Freeman (1979), c'est une mesure de l'efficacité avec laquelle un agent peut atteindre tout autre agent par le chemin le plus court. Plus on est proche des autres acteurs, moins on dépend des intermédiaires, de ce point de vue cette mesure indique dans quelle mesure on peut éviter le contrôle des autres. Un autre aspect intéressant de cette mesure est qu'elle permet de rendre compte du pouvoir d'un agent relié par peu de liens directs aux autres mais qui serait central parce que relié à des agents centraux de la structure (exemple d'un agent relié à des agents centraux dans la communication et pouvant donc accéder à une quantité importante d'informations).

Enfin, la centralité d'intermédiation mesure le nombre de fois où un agent est l'intermédiaire sur le plus court chemin entre deux autres, il s'agit donc du degré de médiation d'un agent sur les transferts de ressources entre deux autres agents. Cette mesure paraît particulièrement appropriée dans l'étude du pouvoir dans les réseaux de communication parce que l'intermédiation permet la manipulation de l'information transmise. Finalement, la centralité de proximité mesure la manière dont on peut éviter le contrôle d'autres membres de l'organisation là où l'intermédiation représente au contraire la manière dont on peut accroître la dépendance des autres.

2.3.2.3/ Les unités de référence et la nature du réseau

Pour Brass & Burckhardt (1992), le choix exclusif de l'une ou l'autre unité de référence n'est pas déterminant dans l'étude du pouvoir intra-organisationnel dans la mesure où les sources du pouvoir intra-organisationnel sont multiples dans l'organisation (Pfeffer, 1997) et qu'il faut donc en sélectionner plusieurs. Parmi les types de réseaux étudiés, deux nous intéressent particulièrement, le réseau de production et le réseau de communication.

Le réseau de production est largement contraint par la division du travail. Dans ce réseau, les agents échangent des inputs et des outputs et l'accès à différentes alternatives détermine le degré de dépendance. On peut s'attendre ainsi à ce que la centralité de degré soit positivement reliée au pouvoir, l'intermédiarité doit également conférer du contrôle sur les échanges et enfin, pour la proximité, c'est plus difficile à déterminer parce que les relations de production sont par nature dyadiques et elle n'est reliée au pouvoir que si les relations indirectes fournissent d'autres ressources telles que par exemple de l'information.

Dans le réseau de communication, les interdépendances sont basées sur l'échange d'information, qui est la ressource pertinente. Les agents positionnés de manière centrale dans ce réseau ont un accès potentiel (pour l'indicateur de proximité) et un contrôle (pour l'indicateur d'intermédiarité) sur l'information et ont donc un pouvoir potentiel (Pettigrew, 1972, Pfeffer, 1981 et Freeman, 1979). Un point intéressant testé par Brass & Burkhardt est la centralité dans la coalition dominante constitué des individus les plus influents ayant autorité sur la prise de décision dans l'organisation. Des connections avec ce groupe en termes de communication sont susceptibles de donner des informations importantes : la médiation par exemple donne du contrôle sur l'information et génère de la dépendance.

A partir d'indicateurs « réputationnels », Brass & Burkhardt (1992) concluent que la centralité est positivement et significativement relié au pouvoir dans l'organisation, quelle que soit la mesure de centralité ou l'unité de référence choisie⁶¹. Ensuite, les mesures de degré de centralité rendent compte des relations de pouvoir aussi bien sinon mieux que les deux autres⁶². De plus, si l'on considère le réseau de communication, les contacts directs limitent les problèmes de fiabilité de l'information produits par la médiation d'autres agents. Enfin, le fait d'être connecté à des membres puissants est relié positivement au pouvoir dans les réseaux de communication et d'amitié mais pas dans le réseau de production, ce qui semble indiquer que dans ce dernier cas, ce sont la concurrence et la négociation qui jouent plutôt que le partage d'information.

Malgré les avancées réalisées par ces travaux, il n'y a pas de mesure de la relation entre pouvoir individuel et pouvoir de la sous-unité alors que Brass (1984) a montré que le fait d'être membre d'un département puissant est susceptible d'augmenter le pouvoir d'un

⁶¹ Brass & Burkhardt (1992, p. 210) précisent que l'unité de référence appropriée dépend de la densité des connections dans l'organisation.

⁶² Brass & Burkhardt (1992, p. 211) : « il est probable que le degré reflète les alternatives, et l'augmentation des alternatives accroît le pouvoir de quelqu'un dans des relations d'échange ».

individu. Fiol, O'Connor & Aguinis (2001) proposent un modèle théorique pour essayer d'expliquer comment le pouvoir s'articule aux différents niveaux de l'organisation mais il n'en existe pas encore d'étude empirique. Par ailleurs, il existe peu de travaux sur la relation causale entre pouvoir et centralité visant à élucider qui détermine l'autre⁶³. Enfin, il paraît illusoire d'étudier le pouvoir intra-organisationnel sur la seule base des positions structurales ; il faudrait étudier également le lien entre la position dans le réseau et les stratégies comportementales (Pfeffer, 1997).

Conclusion section 2

Les approches en termes de centralité fournissent des supports théoriques et méthodologiques qui nous paraissent fondamentaux pour l'analyse du pouvoir intra-organisationnel dans le contexte de l'économie de l'information, et ceci à au moins deux niveaux. Tout d'abord, elles confirment le potentiel de pouvoir dans la firme processeur d'information. Ensuite, elles prolongent de manière fine l'entrée dans la boîte noire en introduisant la dimension topologique absente des travaux de la littérature économique.

Le glissement de l'analyse des organisations à l'analyse des réseaux et l'accent mis sur la prise en compte du réseau de production pour mesurer l'influence a inspiré un autre type d'approche qui présente un double intérêt : d'une part il introduit l'analyse de graphes orientés (et valués), d'autre part il mobilise pour mesurer des indicateurs d'influence une méthode bien connue des économistes qui est la méthode input-output de Leontief.

Section 3 : Le passage aux graphes orientés

3.1/ Eléments de la méthode input-output

L'analyse input-output initiée et largement développée⁶⁴ par l'économiste Wassily Leontief (1986) est une méthode qui veut réconcilier les approches théoriques en économie avec les faits. Elle est fondée sur l'idée qu'il est possible, « comme avec les particules physiques »⁶⁵ d'ordonner les flux de biens et services transitant dans une économie à partir d'un certain

⁶³ Burckhardt & Brass (1990) montrent que la centralité précède le pouvoir dans le cas d'un changement technologique.

⁶⁴ Parmi les nombreux ouvrages en hommage à Leontief et à sa méthode, cf. Dietzenbacher & Lahr (2004).

⁶⁵ Leontief (1986, p. 5).

nombre de classifications et de regroupements. A partir du postulat selon lequel il existe une relation fondamentale entre la production (output) d'une industrie ou d'un secteur et la quantité de facteurs (inputs) qui y participent, l'analyse input-output va constituer un outil privilégié pour l'étude des interrelations existant dans les différents systèmes économiques puisqu'elle va permettre de construire une « image quantifiée déterminée de la structure interne du système ». Au-delà de la quantification systématique des interrelations au sein d'un système économique qu'elle permet, l'avantage de la méthode réside dans la variété des domaines d'application qu'elle recouvre. Ainsi la méthode est valide indifféremment de la taille des systèmes étudiés : « En termes pratiques, le système économique peut être le monde entier, une économie nationale ou encore une seule entreprise »⁶⁶, ce qui autorise un grand nombre d'applications.

3.1.1/ Les tableaux input-output

La description des flux de biens et services est effectuée à partir d'un tableau à double entrée. Dans le cas d'une structure à trois secteurs⁶⁷, la représentation simplifiée de l'économie est la suivante :

	1	2	3	Production
1	q ₁₁	q ₁₂	q ₁₃	Q ₁
2	q ₂₁	q ₂₂	q ₂₃	Q ₂
3	q ₃₁	q ₃₂	q ₃₃	Q ₃

Dans le cas basique où les flux transitant entre les différents secteurs expriment des quantités de produits (principe initial de l'approche), les q_{ij} représentent les quantités de produits fournies par le secteur i au secteur j .

Une lecture en ligne nous renseigne donc sur l'allocation de la production (ou output) de chaque secteur vers les autres secteurs de l'économie qui constituent pour lui des débouchés pour sa production. Par exemple la ligne entourée en gras nous renseigne sur la distribution de l'output Q_1 du secteur 1 vers les différents secteurs de l'économie : ce secteur se fournit à lui

⁶⁶ Leontief (1986, p. 19).

⁶⁷ Tout ce qui suit est généralisable à une structure d'échange à n pôles. Nous développons un exemple simple pour ne pas alourdir les notations.

même q_{11} (il s'agit dans ce cas d'autofournitures), fournit q_{12} au secteur 2 et fournit enfin q_{13} au secteur 3.

Une lecture en colonne nous informe sur la répartition des consommations intermédiaires (ou inputs) dans chaque secteur. Ainsi la colonne surlignée en pointillés nous indique que le secteur 1 a besoin de q_{11} (qu'il autoconsomme), de q_{21} (fourni par le secteur 2) et de q_{31} (fournie par le secteur 3) pour fabriquer l'ensemble de ses produits.

Dans la réalité les différents flux disponibles sont représentés en unités monétaires et dans le tableau ci-dessous x_{ij} et X_i représentent l'expression monétaire des grandeurs respectives q_{ij} et Q_i . De plus, les différents secteurs à satisfaire, en plus de leurs demandes respectives nécessaires à leur production, la demande finale⁶⁸ associant les demandes des ménages, des entreprises et des administrations. Pour respecter l'équilibre comptable entre ce qui est consommé dans le cadre de la production (les inputs) et ce qui est produit (les outputs), on adopte finalement la représentation suivante pour l'économie :

	1	2	3	DF	Production
1	x_{11}	x_{12}	x_{13}	D_1	X_1
2	x_{21}	x_{22}	x_{23}	D_2	X_2
3	x_{31}	x_{32}	x_{33}	D_3	X_3
VA	VA_1	VA_2	VA_3		
Production	X_1	X_2	X_3		

La dernière ligne reprend les valeurs monétaires des productions respectives représentées dans la dernière colonne du tableau, respectant ainsi un principe comptable selon lequel la valeur totale de la production de chaque secteur est égale à ce qu'elle a coûté durant le processus de production (la valeur ajoutée étant un indicateur qui représente les inputs primaires c'est-à-dire les profits et salaires, la main d'œuvre et le capital employés). Par ailleurs, les tableaux entrées-sorties peuvent être lus en considérant les secteurs de la première colonne comme des fournisseurs (des offreurs) alors que ces mêmes secteurs représentés sur la première ligne sont considérés en tant qu'acheteurs (demandeurs). Dès lors, l'avantage de ce type de tableau est qu'il rend compte de la dualité des relations économiques dans la mesure où chaque secteur

⁶⁸ Les habitudes de consommation sont supposées stables, tout comme les arrangements institutionnels.

dépend à la fois des fournitures qui vont lui permettre de produire et des débouchés qui lui permettront d'écouler sa production.

Le tableau peut être décrit par le système de trois équations :

$$\begin{cases} X_1 = x_{11} + x_{12} + x_{13} + D_1 \\ X_2 = x_{21} + x_{22} + x_{23} + D_2 \\ X_3 = x_{31} + x_{32} + x_{33} + D_3 \end{cases} \quad (1)$$

Deux types d'indicateurs vont permettre d'évaluer la structure interne du système économique en fonction de la dimension que l'on veut privilégier : les coefficients techniques et les coefficients de débouchés.

3.1.2/ Le tableau des coefficients techniques.

Une hypothèse fondamentale de la méthode postule que les flux intersectoriels sur une période donnée dépendent de la production réalisée par ceux qui achètent des inputs : le flux entre un secteur i et un secteur j , noté x_{ij} est supposé dépendre de la production du secteur j notée X_j .

On appelle alors le ratio $\theta_{ij} = x_{ij}/X_j$ un coefficient technique (ou coefficient d'input) et on peut construire le tableau des coefficients techniques à partir du tableau précédent :

	1	2	3	DF	Production
1	θ_{11}	θ_{12}	θ_{13}	D_1	X_1
2	θ_{21}	θ_{22}	θ_{23}	D_2	X_2
3	θ_{31}	θ_{32}	θ_{33}	D_3	X_3
VA	VA_1	VA_2	VA_3		
Production	X_1	X_2	X_3		

Le coefficient technique θ_{ij} représente donc la quantité de l'output du secteur i consommée par le secteur j relativement à l'output du secteur j , c'est le pourcentage de ce qui est dû au secteur i dans la production du secteur j . Finalement, il pourrait s'agir d'un indicateur de dépendance de j à l'égard de i puisque la recherche d'une interprétation plus intuitive de ce

ratio amènerait probablement à la proposition selon laquelle j dépend de i pour $\theta_{ij}\%$ afin de réaliser sa production X_j .

En fait, dans la mesure où la production d'un secteur est largement déterminée par la demande finale qui lui est adressée (et qui est ici supposée exogène), le coefficient technique reste un indicateur qui s'inscrit dans le cadre d'une dominance par la demande.

Les coefficients techniques sont supposés fixes, ce qui revient à considérer que les fonctions de production sont à rendements constants (absence d'économie d'échelle dans le système productif).

On appelle matrice « structurale »⁶⁹ la matrice des coefficients techniques. Elle rend compte de l'agencement interne du système économique c'est-à-dire des interrelations économiques entre les secteurs et elle s'écrit :

$$\Theta = \begin{bmatrix} \frac{x_{11}}{X_1} & \frac{x_{12}}{X_2} & \frac{x_{13}}{X_3} \\ \frac{x_{21}}{X_1} & \frac{x_{22}}{X_2} & \frac{x_{23}}{X_3} \\ \frac{x_{31}}{X_1} & \frac{x_{32}}{X_2} & \frac{x_{33}}{X_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} & \theta_{13} \\ \theta_{21} & \theta_{22} & \theta_{23} \\ \theta_{31} & \theta_{32} & \theta_{33} \end{bmatrix}$$

On peut exprimer le système d'équations (1) en faisant apparaître les coefficients techniques par la transformation $\theta_{ij} = x_{ij}/X_j \Leftrightarrow x_{ij} = \theta_{ij} X_j$ et il vient :

$$\begin{cases} X_1 = \theta_{11}X_1 + \theta_{12}X_2 + \theta_{13}X_3 + D_1 \\ X_2 = \theta_{21}X_1 + \theta_{22}X_2 + \theta_{23}X_3 + D_2 \\ X_3 = \theta_{31}X_1 + \theta_{32}X_2 + \theta_{33}X_3 + D_3 \end{cases} \quad (2)$$

Dans la mesure où l'analyse input-output traditionnelle suppose les coefficients techniques ainsi que la demande connus et stables sur l'intervalle de temps considéré, ce système va permettre de déterminer les montants des productions sectorielles respectives X_i nécessaires à la satisfaction des demandes anticipées pour chaque secteur.

Le système se ramène finalement à un système de trois équations à trois inconnues représenté traditionnellement sous la forme :

⁶⁹ Leontief (1986, p. 23) la qualifie en effet « *structural matrix* ».

$$\begin{cases} X_1 - \theta_{11}X_1 - \theta_{12}X_2 - \theta_{13}X_3 = D_1 \\ X_2 - \theta_{21}X_1 - \theta_{22}X_2 - \theta_{23}X_3 = D_2 \\ X_3 - \theta_{31}X_1 - \theta_{32}X_2 - \theta_{33}X_3 = D_3 \end{cases} \quad (3)$$

soit sous forme matricielle :

$$\begin{bmatrix} (1-\theta_{11}) & -\theta_{12} & -\theta_{13} \\ -\theta_{21} & (1-\theta_{22}) & -\theta_{23} \\ -\theta_{31} & -\theta_{32} & (1-\theta_{33}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

En remarquant que la première matrice n'est autre que la matrice identité I à laquelle on a soustrait la matrice des coefficients techniques Θ , et en appelant X le vecteur colonne des productions sectorielles et D le vecteur colonne constitué des demandes adressées à chaque secteur, le système s'écrit sous forme synthétique :

$$[I - \Theta]X = D$$

Une solution unique n'existe que si $[I - \Theta]$ est inversible, c'est-à-dire si le déterminant de $[I - \Theta]$ est non nul⁷⁰. Dans ce cas, la solution est donnée par :

$$X = [I - \Theta]^{-1} D \quad (5)$$

L'inverse de la matrice $[I - \Theta]$ notée $[I - \Theta]^{-1}$ est appelée « inverse de Leontief ». Cette équation définit la manière dont les outputs de chaque secteur vont être déterminés à partir de la matrice des coefficients techniques et pour des demandes finales données. En notant τ les éléments de l'inverse de Leontief, l'expression (5) correspond au système d'équations suivant :

$$\begin{cases} X_1 = \tau_{11}D_1 + \tau_{12}D_2 + \tau_{13}D_3 \\ X_2 = \tau_{21}D_1 + \tau_{22}D_2 + \tau_{23}D_3 \\ X_3 = \tau_{31}D_1 + \tau_{32}D_2 + \tau_{33}D_3 \end{cases} \quad (6)$$

⁷⁰ Sur la condition de Hawkins-Simon et son interprétation économique, cf. Leontief (1986, p. 26).

qui met en évidence dans quelle mesure les outputs de chaque secteur dépendent des demandes finales respectives de ces mêmes secteurs⁷¹.

3.1.3/ Le tableau des coefficients de débouchés

L'approche input-output standard qui vient d'être présentée choisit explicitement de faire dépendre la production (l'offre) de la demande. Une fois fixé un vecteur de demandes déterminé de manière exogène, ce modèle fait l'hypothèse que tous les inputs nécessaires à la réalisation des objectifs de production (destinés à satisfaire les demandes) sont mis à la disposition des différents secteurs productifs. Une approche alternative initiée par Gosh (1958) consiste à représenter les interrelations économiques non plus en ligne mais en colonne⁷². Partant du tableau des échanges monétaires, on va cette fois-ci représenter l'économie par le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} X_1 = x_{11} + x_{21} + x_{31} + VA_1 \\ X_2 = x_{12} + x_{22} + x_{32} + VA_2 \\ X_3 = x_{13} + x_{23} + x_{33} + VA_3 \end{cases} \quad (7)$$

Cette écriture place explicitement les productions respectives des secteurs comme des variables endogènes dépendant des relations intersectorielles orientées cette fois-ci dans le sens inverse (la production dépend de l'offre et non plus de la demande) et ce que l'on a appelé les valeurs ajoutées. L'hypothèse fondamentale de cette méthode postule que les flux intersectoriels sur une période donnée dépendent de la production réalisée par ceux qui vendent des inputs : le flux entre un secteur i et un secteur j , noté x_{ij} est supposé dépendre de la production du secteur i notée X_i .

On appelle alors coefficient de débouché le ratio $\alpha_{ij} = x_{ij}/X_i$ et on peut construire le tableau des coefficients de débouchés en divisant chaque flux intersectoriel par la production du pôle offreur :

⁷¹ Les coefficients τ_{ij} sont les élasticités de la production du secteur i par rapport à la demande du secteur j . En d'autres termes les τ_{ij} représentent l'effet sur la production du secteur i d'une variation d'un euro de la demande finale du secteur j . On appelle multiplicateurs de production les sommes en colonne des éléments de l'inverse de Leontief. Elles nous renseignent sur la nouvelle production totale à travers les secteurs de l'économie consécutive à une augmentation de 1 euro de la demande du secteur j . Les sommes en ligne des éléments de cette même matrice nous informent des ventes totales du secteur i à tous les secteurs nécessaires à la satisfaction d'une augmentation de 1 euro des demandes de chacun des secteurs de l'économie.

⁷² Miller & Blair [1985, p. 318] précisent qu'il s'agit en fait de transposer la démarche standard qui correspond à une « vision verticale » (c'est-à-dire en colonne) du modèle en une « vision horizontale », c'est-à-dire en ligne.

	1	2	3	DF	Production
1	α_{11}	α_{12}	α_{13}	D_1	X_1
2	α_{21}	α_{22}	α_{23}	D_2	X_2
3	α_{31}	α_{32}	α_{33}	D_3	X_3
VA	VA_1	VA_2	VA_3		
Production	X_1	X_2	X_3		

Le coefficient de débouchés α_{ij} représente donc la quantité de l'output du secteur i vendue au secteur j relativement à l'output du secteur i, c'est le pourcentage de ce qui est vendu au secteur j de la production du secteur i. Comme précédemment, la validité de la démarche repose sur le fait que les coefficients de débouchés sont considérés comme constants. Cela signifie que si la production du pôle offreur i double, les débouchés de i dans chacun des secteurs consommant une partie de la production de i doivent aussi doubler.

La matrice des coefficients de débouchés rend compte de l'agencement interne du système économique à l'instar de la matrice structurale et elle s'écrit :

$$A = \begin{bmatrix} \frac{x_{11}}{X_1} & \frac{x_{12}}{X_1} & \frac{x_{13}}{X_1} \\ \frac{x_{21}}{X_2} & \frac{x_{22}}{X_2} & \frac{x_{23}}{X_2} \\ \frac{x_{31}}{X_3} & \frac{x_{32}}{X_3} & \frac{x_{33}}{X_3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \alpha_{13} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \alpha_{23} \\ \alpha_{31} & \alpha_{32} & \alpha_{33} \end{bmatrix}$$

On peut exprimer le système d'équations (7) en faisant apparaître les coefficients de débouchés par la transformation $\alpha_{ij} = x_{ij}/X_i \Leftrightarrow x_{ij} = \alpha_{ij} X_i$ et il vient :

$$\begin{cases} X_1 = \alpha_{11}X_1 + \alpha_{21}X_2 + \alpha_{31}X_3 + VA_1 \\ X_2 = \alpha_{12}X_1 + \alpha_{22}X_2 + \alpha_{32}X_3 + VA_2 \\ X_3 = \alpha_{13}X_1 + \alpha_{23}X_2 + \alpha_{33}X_3 + VA_3 \end{cases} \quad (8)$$

L'analyse input-output « côté offre » suppose les coefficients de débouchés ainsi que la valeur ajoutée pour chaque secteur connus et stables sur l'intervalle de temps considéré. Par

conséquent ce système va permettre de déterminer les montants des productions sectorielles respectives X_i en fonction des valeurs ajoutées sectorielles.

Le système se ramène finalement à un système de trois équations à trois inconnues représenté traditionnellement sous la forme :

$$\begin{cases} (1 - \alpha_{11})X_1 - \alpha_{21}X_2 - \alpha_{31}X_3 = VA_1 \\ -\alpha_{12}X_1 + (1 - \alpha_{22})X_2 - \alpha_{32}X_3 = VA_2 \\ -\alpha_{13}X_1 - \alpha_{23}X_2 + (1 - \alpha_{33})X_3 = VA_3 \end{cases} \quad (9)$$

L'écriture matricielle correspondante est alors⁷³ :

$$\begin{bmatrix} X_1 & X_2 & X_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (1 - \alpha_{11}) & -\alpha_{12} & -\alpha_{13} \\ -\alpha_{21} & (1 - \alpha_{22}) & -\alpha_{23} \\ -\alpha_{31} & -\alpha_{32} & (1 - \alpha_{33}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} VA_1 & VA_2 & VA_3 \end{bmatrix} \quad (10)$$

On aboutit finalement dans le cas où $[I - A]^{-1}$ existe à l'équation :

$$X = VA[I - A]^{-1} \quad (11)$$

Cette équation définit la manière dont les outputs de chaque secteur vont être déterminés à partir de la matrice des coefficients de débouchés et pour des valeurs ajoutées données.

En notant φ les éléments de la matrice $[I - A]^{-1}$, l'expression (11) représente les équations suivantes :

$$\begin{cases} X_1 = \varphi_{11}VA_1 + \varphi_{21}VA_2 + \varphi_{31}VA_3 \\ X_2 = \varphi_{12}VA_1 + \varphi_{22}VA_2 + \varphi_{32}VA_3 \\ X_3 = \varphi_{13}VA_1 + \varphi_{23}VA_2 + \varphi_{33}VA_3 \end{cases} \quad (12)$$

Ce système met en évidence dans quelle mesure les outputs de chaque secteur dépendent des inputs primaires de tous les secteurs⁷⁴.

⁷³ En n'oubliant pas que contrairement à l'analyse en termes de coefficients de débouchés, le vecteur X est cette fois-ci un vecteur ligne, cf. Miller & Blair (1985, pp. 319-320).

⁷⁴ Les coefficients φ_{ij} sont les élasticités de la production du secteur j par rapport à la variation des inputs primaires du secteur i . En d'autres termes les φ_{ij} représentent l'effet sur la production du secteur j d'une variation d'un euro des inputs primaires du secteur i . On appelle cette fois-ci multiplicateurs d'offre (ou d'inputs) les sommes en ligne des éléments de l'inverse $[I - A]^{-1}$. Elles nous renseignent sur la nouvelle production totale dans

3.1.4/ Quelle pertinence pour l'hypothèse d'offre dominante ?

De Mesnard (2002) dresse une typologie des différents types de modèles à offre dominante que l'on peut trouver dans la littérature et compare leurs performances à celles du modèle de Leontief. Son approche articule plusieurs critères :

- la nature du prix servant à valoriser les échanges : prix de l'output (Leontief) ou prix de l'input (Gosh) ;
- la nature du coefficient (respectivement coefficient technique et coefficient de débouchés), exprimé soit en quantité, soit en valeur ;
- les variables déduites de l'équation comptable en ligne (appelé « primal ») et celles déduites de l'équation en colonne (appelé « dual »).

Dans le modèle de Leontief, l'écriture des relations à partir des coefficients techniques permet de déterminer de manière distincte les variables « produit » et « prix », que ces coefficients soient exprimés en quantité ou en valeur.

Le modèle à offre dominante avec prix de l'output est considéré comme « cohérent »⁷⁵ mais ses résultats sont pauvres. Il ne permet jamais de déterminer les prix (que les coefficients de débouchés soient exprimés en quantité ou en valeur).

Le passage à un modèle à offre dominante avec prix de l'input « fonctionne bien »⁷⁶ mais il n'est pas cohérent du point de vue économique. Il suppose en effet que chaque agent va être forcé d'accepter d'acheter les productions supplémentaires des autres (en proportion du coefficient de débouché supposé stable) et il n'explique pas le processus de transformation d'un input unique à une multiplicité d'outputs.

Finalement, l'auteur conclue à la non pertinence des modèles à offre dominante dans le cadre de la méthodologie input-output, point que nous discuterons plus avant dans le chapitre quatre. En effet, un certain nombre d'éléments tendent à nous amener sur une hypothèse de dominance par l'offre lorsque l'on considère des structures d'échange d'information (Lantner, 1996, Thépaut, 2002).

tous les secteurs consécutive à une variation d'un euro des inputs primaires du secteur i . Les sommes en colonne des éléments de cette même matrice nous informent de l'effet total sur la production du secteur j qu'aurait une variation d'un euro de tous les inputs primaires de chacun des secteurs de l'économie.

⁷⁵ De Mesnard (2002, p. 9).

⁷⁶ De Mesnard (2002, p. 14).

3.2/ La construction d'indicateurs d'influence à partir de la méthode input-output

Salancik (1986) va mobiliser la théorie de la dépendance d'Emerson ainsi que ses propres travaux sur la dépendance vis-à-vis des ressources (Salancik & Pfeffer, 1974) pour essayer de mesurer des indicateurs de pouvoir⁷⁷ structural sans mobiliser directement les indicateurs de centralité.

Il présente ainsi une stratégie d'estimation des influences structurales de parties interdépendantes qui prend en compte les dépendances indirectes pondérées par les positions respectives dans le réseau. Par ailleurs, l'influence totale d'une partie peut être partitionnée en influence au sein des sous-unités du réseau, ce qui est utile pour analyser le pouvoir au sein et entre les sous-unités organisationnelles.

L'avantage de la méthode input-output est qu'elle vérifie trois hypothèses correspondant aux problèmes posés⁷⁸ :

- un membre est influent en termes de contribution aux ressources d'un réseau dans la mesure où les autres utilisent les ressources de ce membre pour fournir leurs propres ressources au réseau. Cette hypothèse évoque la dépendance des autres parties à une partie importante du réseau ;
- un membre est important dans le réseau dans la mesure où il contribue aux ressources d'autres membres importants du réseau.

Celle-ci correspond à l'importance relative des parties dépendantes. Les deux premières hypothèses ignorent la possibilité qu'une partie puisse être importante en dehors du service fourni aux autres, ce qui amène à la troisième hypothèse ;

- un membre est important indépendamment des contributions au réseau, c'est-à-dire qu'il a une valeur intrinsèque.

Celle-ci introduit une valeur intrinsèque de l'individu sans égard pour le niveau de service qu'il rend aux autres.

⁷⁷ Salancik utilise de manière interchangeable pouvoir structural, influence et importance mais précise que le pouvoir structural ne doit pas être confondu avec « l'influence opérationnelle ». Le premier terme fait référence au contexte situationnel de dépendance dans la relation (Pfeffer, 1981). Dans ce cadre, un individu a plus de pouvoir qu'un autre dans la mesure où il contrôle de manière discrétionnaire l'allocation des ressources, ces ressources étant désirées par l'autre partie, cette partie n'ayant pas d'autre alternative pour les acquérir.

⁷⁸ Salancik (1986, pp. 197-198).

« Un modèle input-output représente les transactions comme un graphe orienté de relations, dans lequel les outputs d'un membre du réseau sont les inputs d'un ou plusieurs autres » (p.198).

3.2.1/ La structure d'échange considérée

La méthode input-output se généralise à de nombreuses relations sociales dans lesquelles des ressources acquises ou distribuées (information, biens et services, etc.) sont réparties en fonction des acquisitions respectives des parties ou de leur diffusion. Salancik étudie une structure d'échange inédite qui est la structure d'échange d'informations dans le milieu académique par le biais des citations croisées. Le postulat de départ est que c'est la rareté des ressources d'édition et de lecture qui impose aux auteurs de choisir un nombre de références limitées, ces choix définissant une structure de dépendance input-output. Les proportions de références allouées à une source particulière représentent l'utilisation de la source relativement aux autres. L'hypothèse sous-jacente est ici que chaque auteur a un nombre fini d'opportunités pour s'appuyer sur le travail des autres pour en produire un nouveau de qualité acceptable. On peut supposer que les auteurs citent les travaux susceptibles d'être reconnus et la proportion de citations d'une source particulière « reflète la dépendance d'un auteur par rapport à la source »⁷⁹. Les citations sont alors considérées comme de « l'influence informationnelle ».

La structure d'échange est représentée sous forme d'un tableau input-output avec en lignes et en colonnes les revues scientifiques et dans chaque case le nombre de citations d'articles de la revue indiquée en ligne par des articles de la revue indiquée en colonne :

	1	2	3
1	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃
2	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃
3	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃

⁷⁹ Salancik (1986, p. 199).

x_{ij} représente donc le nombre d'articles de la revue i cités par les articles de la revue j , c'est en quelque sorte un input informationnel qui permet à la revue j de produire son output (de déterminer son influence globale).

Il va distinguer deux indicateurs que sont l'influence totale et l'influence sur des sous-groupes identifiés comme des champs de recherche spécifique.

3.2.2/ L'influence totale

Les deux premières hypothèses détaillées plus haut représentent l'influence « structurale » d'un membre telle qu'elle résulte des interdépendances entre membres. La troisième hypothèse permet d'identifier l'influence « intrinsèque ».

Au total, on a : Influence totale = influence structurale + influence intrinsèque.

Les dépendances sont plus difficiles à définir. Pour que les dépendances entre individus émergent, une fraction des ressources qu'ils désirent doit être plus ou moins contrôlée par d'autres. Dans le cas des revues, les articles sources sont associés uniquement à une revue et les opportunités de les référencer sont contraintes par la nécessité de ne pas citer toutes les sources. Si l'une ou l'autre de ces conditions n'est pas vérifiée, les dépendances n'existent pas. Par conséquent les dépendances d'une partie sont réparties sur les autres.

L'auteur se place dans l'optique de la dominance par la demande et définit son indicateur de dépendance comme un coefficient technique. En effet, à partir du tableau des citations croisées, il définit l'indicateur de dépendance d_{ij} comme le rapport entre x_{ij} et X_j , ce qui donne une matrice de dépendance de la forme :

	1	2	3
1	d_{11}	d_{12}	d_{13}
2	d_{21}	d_{22}	d_{23}
3	d_{31}	d_{32}	d_{33}

avec d_{ij} la dépendance de j par rapport à i . Ici l'influence intrinsèque joue le rôle de la demande finale dans le modèle standard et on définit l'influence totale d'une revue comme la somme des dépendances des autres revues vis-à-vis d'elle pondérées par leur influence respectives et de son influence intrinsèque, soit le système suivant :

$$\begin{cases} \text{IMP}_1 = d_{12}\text{IMP}_2 + d_{13}\text{IMP}_3 + \text{INT}_1 \\ \text{IMP}_2 = d_{21}\text{IMP}_1 + d_{23}\text{IMP}_3 + \text{INT}_2 \\ \text{IMP}_3 = d_{31}\text{IMP}_1 + d_{32}\text{IMP}_2 + \text{INT}_3 \end{cases}$$

En remplaçant IMP_i par X_i et INT_i par D_i , on retrouve bien le système (2) aux boucles près, dont la solution est donnée sous forme algébrique par : $\text{IMP} = [I - D]^{-1}\text{INT}$, avec D la matrice des dépendances (coefficients techniques).

Par hypothèse, le vecteur des valeurs intrinsèques est un vecteur identité (pas de différenciation) et les boucles sont nulles, ce qui est justifié par le fait que l'on veut obtenir un indice général du pouvoir structural qui est déterminé par les dépendances des autres vis-à-vis d'une partie.

3.2.3/ La partition de l'influence totale du réseau en influence des sous-unités

Il est intéressant de connaître l'influence spécifique de certains groupes (comme par exemple des disciplines académiques). L'indicateur $(\text{IMP} - \text{INT})$ permet ainsi de partitionner l'influence totale d'un membre en fonction de l'influence qu'il a dans des sous-groupes.

Par ailleurs, la valeur intrinsèque d'une partie d'un réseau découle du fait que des sous-groupes dans le réseau ont une certaine valeur intrinsèque que les parties acquièrent lorsqu'ils en sont membres. On redéfinit alors la valeur intrinsèque respective des individus par la valeur intrinsèque du sous-groupe auquel ils appartiennent, soit sous forme matricielle :

$$\text{INT} = \text{MS}$$

avec S un vecteur d'influences intrinsèques attribuées à k sous-groupes et M une matrice représentant l'appartenance⁸⁰ à un sous-groupe ($m_{ik} = 1$ si i est un membre de k et 0 sinon).

Chaque membre du réseau est supposé n'appartenir qu'à un seul sous-groupe et chaque sous-groupe a au moins un membre. Le nombre de sous-groupes peut varier de 1 jusqu'à la taille du réseau n .

Finalement, on peut redéfinir le vecteur d'influence $\text{IMP} = [I - D]^{-1}\text{MS} - \text{MS}$.

L'utilisation d'une matrice diagonale S de dimension $(k \times k)$ (s_k dans la diagonale et 0 ailleurs), permet de définir l'importance d'un membre i du réseau pour les k sous-groupes, SI_{ik} . Sous

⁸⁰ La matrice d'appartenance aux groupes a été déterminée par une analyse des cliques. A partir de la matrice des citations, il s'agit de déterminer le nombre moyen de citations que chaque revue fait d'autres revues et le nombre moyen de citations qu'elle reçoit, on détermine ensuite les écarts-types. A et B sont membres de la même clique si A fait des nombres de citations de B supérieurs à la moyenne et si B fait de même vis-à-vis de A.

forme matricielle, cela donne $SI = [I - D]^{-1}MS - MS$ qui se simplifie par une manipulation algébrique⁸¹ pour aboutir à $SI = [I - D]^{-1}DMS - MS$.

avec D la matrice ($i \times i$) de dépendance, M la matrice ($i \times k$) représentant l'appartenance de chaque partie à un sous-groupe et S la matrice diagonale ($k \times k$) de l'importance intrinsèque attachée à chaque sous-groupe. Supposer que chaque groupe a la même valeur intrinsèque, revient à éliminer la matrice S , ce qui n'a pas d'importance parce que SI est une décomposition de l'influence structurale de chaque membre pour chaque sous-groupe, résultant de la dépendance directe et indirecte du sous-groupe par rapport au membre.

3.2.4/ L'étude de l'influence des revues dans la recherche sur les organisations

A partir de la méthode présentée plus haut, Salancik présente à la fois une analyse de l'influence totale tirée de l'équation de IMP et une analyse de l'influence de chaque membre au sein des sous-groupes à partir de l'équation définissant SI , qui illustre la manière dont les effets de chaque revue se diffuse parmi les champs disciplinaires de la recherche en organisation (sociologie organisationnelle, management, psychologie appliquée et les revues de psychologie théorique).

Son analyse enrichit une étude antérieure de Sharplin & Marbry (1985) dans la mesure où l'influence au sein des champs disciplinaires (les sous-groupes) permet de préciser si une revue domine seulement dans son champ disciplinaire ou si elle domine également ailleurs.

La méthode d'analyse qu'il utilise est assez similaire aux modèles d'équivalence structurale (Lorrain & White, 1971) qui partitionnent les parties en interaction en sous-ensembles homogènes dont les schémas d'interaction sont similaires. Le but de telles partitions est de révéler le rôle des parties dans le système plus large et de différencier ceux qui jouent un rôle de fourniture et ceux qui servent de pont entre les sous-ensembles mais la méthodologie input-output diffère en ceci qu'elle indique le sens des effets (graphes orientés).

Les limites de cette approche pour l'étude du pouvoir intra-réticulaire (qui reste valable dans le cadre intra-organisationnel) sont diverses. Tout d'abord, il faut supposer que les ressources soient contrôlées par d'autres. Ensuite, les effets de l'influence doivent être circonscrits au réseau identifié, dont la définition pose problème (qu'est ce que le domaine de la recherche en

⁸¹ En multipliant les termes des deux côtés par $[I - D]$ puis en multipliant par l'inverse de Leontief.

organisation ?). Le nombre de revues prises en compte est limité par les capacités de traitement et l'accès aux données. Par ailleurs, « la stratégie analytique utilisée ne résout pas le problème du désaccord culturel sur ce qui constitue un réseau ou ses sous-ensembles. [...] elle permet n'importe quel partitionnement et analyse des interdépendances qui affectent les sous-groupes »⁸². Plus important, Salancik entrevoit la possibilité d'appliquer cette méthode aux organisations⁸³, notamment en ce qui concerne l'articulation entre structure formelle et informelle.

Conclusion de la section 3

Les travaux sur la centralité développés depuis l'article fondateur de Bavelas (1948) identifient trois indicateurs principaux qui sont la centralité de degré, la centralité de proximité et la centralité d'intermédiarité qui renvoient à une expression quantitative du pouvoir. Pour dépasser la représentation simple en termes de graphes non orientés et non valués d'une matrice booléenne caractéristique d'un réseau de relations, Salancik (1986) tente d'associer la méthodologie input/output et la théorie des graphes mais il n'en tire pas toutes les implications en se concentrant sur l'analyse algébrique des interrelations. Par ailleurs, le choix d'une dominance par la demande n'est pas expliqué et pose problème lorsque l'on s'intéresse à des flux informationnels.

Conclusion du chapitre 3

La plupart des approches du pouvoir s'accordent sur la pertinence du modèle pouvoir/dépendance, que nous avons appelé le paradigme Dahl-Emerson tant il a contribué à initier un courant relativement homogène dans la littérature. A la suite des travaux fondateurs sur le contrôle des ressources prolongés par l'étude des indicateurs de centralité, l'approche en termes de réseaux sociaux va travailler principalement sur les structures informelles à partir de matrices booléennes et de graphes non valués.

Pour plusieurs raisons, ces approches suscitent selon nous des voies d'approfondissement d'une analyse économique du pouvoir intra-organisationnel.

⁸² Salancik (1986, p. 209).

⁸³ Salancik (1986, p. 210) « les avantages les plus pertinents pourraient venir de l'utilisation de cette stratégie comme outil en analyse organisationnelle. On pourrait par exemple étudier une usine entière et les interrelations entre ses membres pour déterminer comment chacun contribue à ses résultats ».

Tout d'abord, elles s'inscrivent dans une théorie de l'échange dans laquelle le pouvoir est largement déterminé à partir des flux informationnels (Pettigrew, 1972, Tichy & Fombrun, 1979), dont on a vu dans le chapitre 1 qu'ils servaient de base à la théorie économique de la firme processeur d'information. Il n'est pas étonnant de ce point de vue qu'elles soient largement citées dans les travaux économiques récents qui essaient de développer une analyse économique du pouvoir dans un cadre standard (Rajan & Zingales, 1998, 2001).

Ensuite, ces approches structurales ne s'opposent pas fondamentalement à l'individualisme méthodologique de la théorie économique. Elles prolongent simplement l'analyse des décisions individuelles dans un cadre plus large qui est celui de la structure, avec un souci majeur qui est la confrontation à la réalité observable.

Enfin, comme le montre la tentative (il est vraie isolée) de Salancik (1986), elles sont capables de mobiliser des méthodologies bien connues des économistes comme la méthodologie input-output, qui nécessite de formuler explicitement un sens de dépendance économique entre l'offre d'un côté, la demande de l'autre.

Les développements que nous proposons dans les deux chapitres suivants trouvent leur source dans les limites identifiées des approches structurales évoquées plus haut. Ces limites concernent en premier lieu la mesure des indicateurs de pouvoir à partir de graphes qui sont globalement non orientés et non valués. Passer d'une analyse que nous pourrions qualifier de « qualitative » du graphe à une analyse « quantitative » suppose d'articuler plus finement la théorie des graphes aux matrices d'échanges informationnels. Cela doit nous amener à caractériser non seulement les individus dans la structure considérée mais aussi la structure elle-même, dans l'esprit des travaux de Radner présentés dans le premier chapitre, ceci afin d'être en mesure de comparer les différents types de configurations organisationnelles que l'on pourrait être en mesure d'observer. Cette avancée dans la compréhension des phénomènes internes à la « boîte noire » va être ouverte par la théorie des graphes d'influence.

CHAPITRE 4
LA THEORIE DES GRAPHS
D'INFLUENCE

Chapitre 4

La théorie des graphes d'influence

Introduction

Nous avons tenté jusqu'à présent de justifier la pertinence de l'approche structurale pour traiter des phénomènes de pouvoir dans un contexte organisationnel, et ceci afin d'enrichir les schémas de représentation et d'explication de ce qui se passe dans la « boîte noire » définie comme processeur d'information. Dans le cadre de la démarche pragmatique présentée au chapitre deux et prolongée au chapitre trois, nous avons pour cela mobilisé un certain nombre de travaux issus pour la plupart de la sociologie, dont les limites ont été identifiées dans le chapitre précédent.

Pour autant, la science économique ne s'est pas exclue de ce champ méthodologique comme l'attestent les travaux pionniers de Leontief (1986) sur les relations inter-industrielles aux Etats-Unis, développés du point de vue méthodologique par Lantner (1974, 2000) et Gazon (1976). Nous proposons dans ce chapitre et le suivant de réaliser l'intuition de Salancik (1986) reprise par Lantner (1996) qui consiste dans l'utilisation de cette méthodologie pour l'étude de la transmission d'influence dans les organisations¹. L'originalité de l'outil que nous allons présenter concerne la manière dont il permet d'articuler la théorie des graphes d'un côté et les éléments fondamentaux de l'input-output de l'autre. En effet, « l'analyse des effets de dominance dans une structure d'échanges était jusqu'à présent contrainte à un morcellement préjudiciable », entre calcul matriciel permettant d'appréhender les influences globales mais pas le mécanisme de cheminement des perturbations et l'approche qualitative à partir de graphes non valués négligeant « les inégales intensités des liaisons ». L'objet de la théorie des graphes d'influence est ainsi de « jeter un pont » entre ces diverses théories « en dévoilant les modalités de la dépendance et de l'interdépendance générales, liées au processus de diffusion quantitative de l'influence et aux déterminations structurelles qui l'entravent [et] en dissociant les effets directs et indirects de dominance et en déterminant leur importance respective » Lantner (1974, pp. 74-75).

¹ Remarquons d'ailleurs la référence involontaire de Gazon (1976, p. 2) à notre objet d'étude tel qu'il est caractérisé en sciences économiques : « Si l'on cherche à préciser la manière dont s'opère le cheminement de l'influence, l'interdépendance des grandeurs économiques fait apparaître la structure comme une « boîte noire » dont notre approche structurale éclaire le mécanisme ».

L'objet de ce chapitre est donc d'étudier la nature et les modalités de la transmission de l'influence à travers une structure - définie comme la firme processeur d'information - à partir de la théorie des graphes d'influence².

Dans une première section nous aborderons les concepts usuels de la correspondance entre un système d'équations linéaires et sa représentation sous forme de graphe. La section deux nous permet d'entrer de plain pied dans le modèle de représentation d'une firme processeur d'information adaptée au contexte de la théorie des graphes d'influence. Ensuite, l'objet de la troisième section est la présentation du déterminant de la structure en tant qu'indicateur de diffusion de l'influence, cette diffusion et le cheminement de l'influence étant explicitée ensuite au niveau global dans la section quatre, au niveau local dans la section cinq.

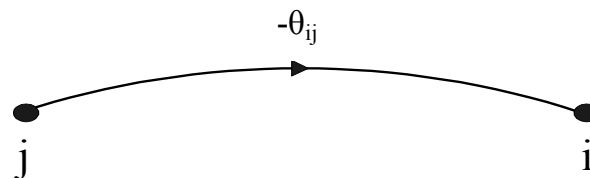
² Ce chapitre est largement repris du travail analytique réalisé conjointement avec F. Lequeux sur l'ouvrage de Lantner (1974).

Section 1 : Des graphes de fluence aux graphes d'influence

Un des problèmes liés à la théorie générale des graphes est qu'elle ne distingue pas entre les variables dépendantes et variables indépendantes dans un réseau d'interrelations, telles qu'elles peuvent être représentées dans la méthode input-output. La théorie des graphes de transfert³ (Ponsard, 1972) transforme la méthode matricielle de résolution de systèmes d'équations simultanées en une méthode topologique, par le biais d'une règle de correspondance entre une expression algébrique et sa représentation sous forme de graphe. Cette règle stipule que toute variable indépendante correspond au sommet d'origine d'un arc et que toute variable dépendante correspond à son extrémité, cet arc étant valué par le coefficient affecté à la variable indépendante

1.1/ Représentation d'une équation linéaire à deux variables

Soient deux variables X_i et X_j liés par la relation $X_i = \theta_{ij}X_j$, qui définit X_i comme variable dépendante de X_j . Le signal étant transmis de X_j vers X_i , il est représenté par un arc orienté de j vers i et sa valuation se déduit du coefficient associé à la variable indépendante, à partir de la représentation canonique $X_i - \theta_{ij}X_j = 0$. Sous l'hypothèse de demande dominante qui est celle retenue généralement dans ce type de littérature en économie (et présentée au chapitre trois), on déduit de la règle de correspondance équation-graphe la représentation suivante pour l'équation canonique :



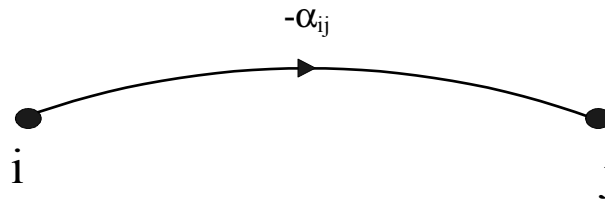
Par ailleurs, dans le cas de dominance par la demande, la règle adoptée implique que la matrice associée au graphe de transfert est la transposée de la matrice associée

³ ou graphes de fluence, pour un exposé plus détaillé, cf. Lantner (1974, pp. 48-64) et Ponsard (1972).

traditionnellement à un graphe⁴. Dans ce cas, la matrice associée au graphe de transfert s'écrit :

	1	...	i	...	n
1	a_{11}	\dots	a_{i1}	\dots	a_{n1}
...	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
j	a_{1j}	\dots	a_{ij}	\dots	a_{nj}
...	\dots	\dots	\dots	\dots	\dots
n	a_{1n}	\dots	a_{nj}	\dots	a_{nn}

Inversement, si l'on suppose une dominance par l'offre⁵, le tableau d'échange se lit alors en colonnes et permet de maintenir l'ordre des indices des valuations des arcs. L'équation $X_j = \alpha_{ij}X_i$ considère X_j comme variable dépendante, le signal est transmis de X_i à X_j donc il est représenté par un arc orienté de i vers j :



1.2/ Le graphe associé à un système d'équations

A partir de la règle présentée plus haut, on peut représenter un système d'équations linéaires par un graphe de transfert à plusieurs arcs, chacun d'entre eux représentant une relation (équation) particulière. Soit par exemple le système suivant :

⁴ « La règle de correspondance entre une expression algébrique linéaire et sa représentation par un graphe de transfert conduit à inverser l'ordre des indices dont sont munis les coefficients qui valuent les arcs. En effet, la théorie générale des graphes, pour définir la matrice associée, référence les lignes avec les indices des sommets initiaux x_i et les colonnes avec les indices des sommets terminaux x_j . On lit à l'intersection d'une ligne et d'une colonne le nombre d'arcs allant de x_i à x_j . Or, en théorie des graphes de transfert, la matrice associée serait, d'après cette règle, la matrice $[a_{ji}]$, transposée de la matrice $[a_{ij}]$, i devenant l'indice des colonnes et j celui des lignes. On lit à l'intersection d'une ligne et d'une colonne le nombre a_{ij} qui value l'arc allant de x_j à x_i », cf. Ponsard (1972) et Lantner (1974, p. 50). Voir également la section 2.2/ du chapitre 3).

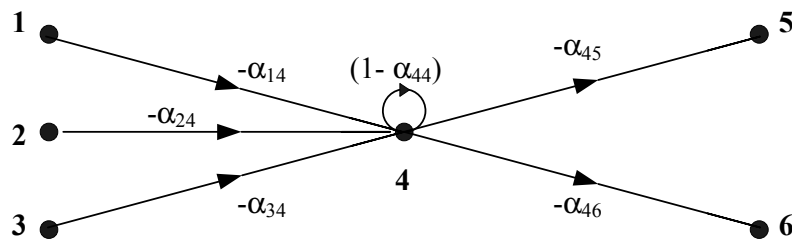
⁵ Hypothèse que nous maintenons dans la suite de la section.

$$\begin{cases} X_4 = \alpha_{14}X_1 + \alpha_{24}X_2 + \alpha_{34}X_3 + \alpha_{44}X_4 \\ X_5 = \alpha_{45}X_4 \\ X_6 = \alpha_{46}X_4 \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} X_4 - \alpha_{14}X_1 - \alpha_{24}X_2 - \alpha_{34}X_3 - \alpha_{44}X_4 = 0 \\ X_5 - \alpha_{45}X_4 = 0 \\ X_6 - \alpha_{46}X_4 = 0 \end{cases}$$

Ce système peut être représenté par le graphe :

Graphe n°4



Le nombre d'arcs peut être important dans le cas de systèmes de grande taille, ce qui en rend la représentation fastidieuse. Pour éviter ces désagréments, il existe un certain nombre de règles pour réduire le graphe initial.

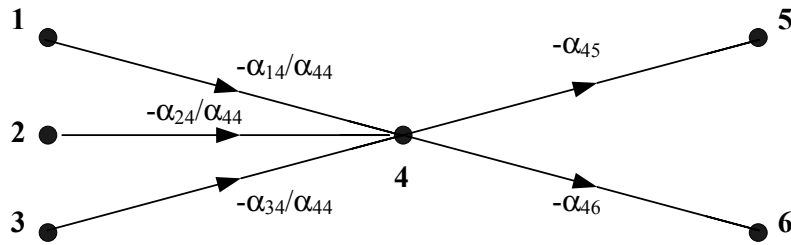
1.3/ Les règles de réduction d'un graphe

Trois règles fondamentales permettent la réduction d'un graphe.

1.3.1/ La règle d'auto-transformation d'un graphe

Lorsque un sommet i est muni d'une boucle, on peut réduire le graphe en supprimant la boucle. Il suffit de diviser la valeur de l'arc convergent (ou des arcs convergents) par le facteur $(1 - \alpha_{ii})$ où α_{ii} est la valeur du coefficient associé à la boucle en question. Ce faisant, on réduit le graphe par une transformation algébrique sans supprimer l'effet induit par la valeur de la boucle sur la structure d'interrelations initiale. Si on applique cette règle au graphe n°4 on obtient :

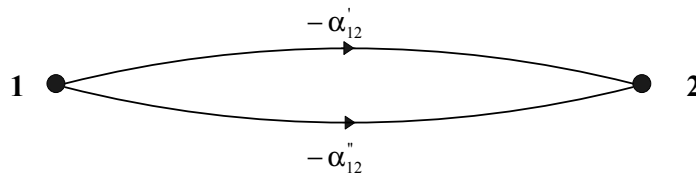
Graphe n°5



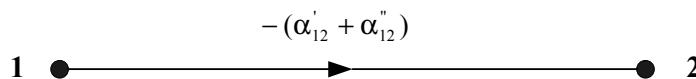
1.3.2/ La règle de l'addition des arcs convergents (arcs parallèles)

Dans le cas où deux sommets sont reliés par plusieurs arcs orientés dans le même sens (multigraphes), la règle de l'addition permet de les remplacer par un arc unique dont la valuation est égale à la somme des valuations des arcs initiaux.

Par exemple, le graphe suivant :



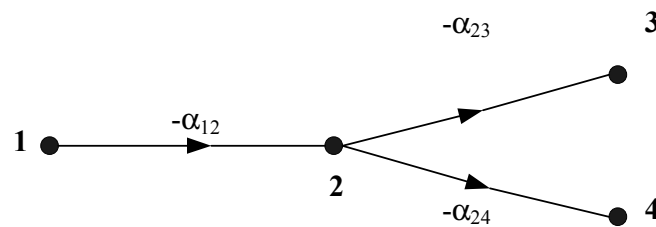
peut être transformé comme ci-dessous :



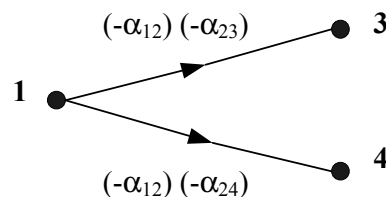
1.3.3/ La règle de multiplication des arcs successifs (arcs en série)

Enfin, lorsque plusieurs arcs sont consécutifs et que les sommets intermédiaires n'ont qu'un arc convergent et un arc divergent (chemin), la règle de la multiplication permet de simplifier le chemin initial en lui substituant un arc unique valué par le produit des coefficients des arcs initiaux.

Par exemple le graphe :



peut être remplacé par le graphe équivalent :



Comme le précise Lantner (1974)⁶, l'usage de la théorie des graphes de fluence par les électroniciens ne peut pas convenir aux économistes, ceci pour deux raisons principales.

Tout d'abord, l'électronicien, contrairement à l'économiste, s'intéresse peu au cheminement d'un signal dans la structure donc à la position et à l'intensité des liaisons dans le réseau qu'il étudie. Il pour objectif essentiel de calculer *ex ante* les valeurs des outputs (intensités, tensions) en fonction d'une perturbation initiale qu'il peut contrôler, et cela à partir d'une connaissance a priori des caractéristiques du réseau qu'il étudie⁷.

Ensuite, là où l'électronicien se contente d'une source de perturbation unique, contrainte imposée par les formalisations en termes de graphe de fluence, l'économiste est confronté à une multitude de sources de perturbations (qui sont les variations de demandes finales dans le cas de dominance par la demande). Dans ce contexte, les principes de formalisation des échanges de la théorie des graphes de transfert paraissent non pertinents face au problème posé par la « multi-ouverture du modèle ».

⁶ « Les électroniciens ont fait dévier la théorie des graphes de fluence de son objet spécifique, qui est l'appréhension des liaisons structurelles et des relations topologiques. [...] Les spécialistes de l'électronique ont utilisé la théorie des graphes de fluence de manière substitutive par rapport au calcul matriciel. Ce qui intéresse l'électronicien, c'est la grandeur des variables aux nœuds et dans les branches et non les relations particulières qu'entretiennent par exemple deux éléments du réseau », cf. Lantner (1974, p. 66).

⁷ De plus, comme le précise Lequeux (2002, p. 339) « si le concept de dominance d'un composant électronique sur un autre est dénué de sens, il prend une dimension extrêmement décisive lorsqu'il concerne des départements d'entreprise [...] ».

A partir de l'idée selon laquelle la théorie des graphes est un instrument d'analyse économique, Lantner (1974) propose une théorie des graphes d'influence qui permet « d'appréhender le cheminement de l'influence économique »⁸ à partir d'un modèle assez proche de la théorie des graphes de fluence. Cette théorie précise la nature et les modalités de la transmission de cette influence dans une structure économique au travers d'un certain nombre de théorèmes que nous allons présenter.

Section 2 : Le graphe d'influence

Cette section vise à expliciter, le modèle théorique de transmission de l'influence au sein d'une organisation ou d'un réseau d'organisations en l'adaptant à notre travail sur les flux d'information. Il s'agit principalement de préciser la nature des flux, le sens de dominance et les deux types de graphes que l'on va utiliser dans la suite de l'analyse.

2.1/ Représentation générale des relations informationnelles intra-organisationnelles

On va considérer une organisation composée de n pôles (qui sont soit des individus, soit des départements, soit des sous-unités homogènes) dont l'activité principale consiste à échanger des informations avec le reste de la structure et avec l'extérieur.

2.1.1/ Un cadre théorique : la dominance informationnelle (Lantner, 1996)

Comme nous avons déjà eu l'occasion de le souligner dans le chapitre 1, notre définition des flux d'information est cohérente avec celle retenue généralement en économie de l'information. Ces flux sont assimilés à des flux de messages, à des données qui alimentent le processus de décision des membres de l'organisation (Marschak, 1960, 1968). Par ailleurs, on définit l'organisation (ou la firme) processeur d'information comme une structure d'échanges de ces informations-messages, avec comme représentation un tableau input-output qui spécifie à l'intersection des lignes et des colonnes le nombre de messages transmis⁹ :

⁸ Lantner (1974, p. 68).

⁹ Cf. la section 3 du chapitre 1.

		Récepteur		
		0	1	2
Emetteur	0			
	1			(1,2)
	2			

Cette représentation de l'organisation est très proche de celle retenue par Lantner (1996) dans ses travaux sur la « dominance informationnelle », dont les travaux fondateurs de Marschak (1959) constituent selon nous un support théorique. C'est dans cette veine que nous inscrivons notre démarche de quantification de l'organisation déclinée dans la suite du développement.

2.1.2/ Le bilan informationnel d'un pôle

Chaque pôle i va émettre et recevoir des informations susceptibles d'être valorisées dans le processus de décision. On suppose que la valeur de l'information échangée est propre à chaque relation d'échange entre un émetteur i et un récepteur j . La valuation du flux entre i et j est donc le produit d'une quantité échangée q_{ij} par la valeur de cette information p_{ij} et dans la suite de cette section, on note $x_{ij} = q_{ij} \cdot p_{ij}$.

Concernant tout d'abord l'information émise, un pôle i de la structure va émettre :

- x_{ik} vers les k autres pôles de l'organisation
- x_{ii} vers lui-même, c'est un flux d'information interne
- x_{iM} vers une mémoire qui lui permet de stocker de l'information qui sera éventuellement utilisée plus tard
- x_{iE} vers l'extérieur de l'organisation
- x_{iD} qui est de l'information dissipée ou gaspillée, c'est-à-dire de l'information transmise mais non reçue.

On note ensuite X_i la somme des informations transmises par le pôle i .

Un pôle j de la structure va disposer d'une ressource informationnelle que l'on peut désagréger en plusieurs catégories :

- x_{kj} est l'information reçue des k autres pôles
- x_{jj} est l'information produite et utilisée par le pôle lui-même
- x_{Ej} est l'information reçue de l'extérieur

- x_{Aj} correspond à la valeur ajoutée ou création d'information globale du pôle j .

On note enfin X_j la somme d'informations reçues par le pôle j .

La « loi de conservation » de l'information énoncée par Lantner (1996, p. 5) correspond à l'idée selon laquelle « on fait toujours quelque chose de ce dont on dispose » et par conséquent la somme des informations reçues par un pôle est égale à la somme des informations émises. Dans la lignée de Marschak (1959), cette activité peut être synthétisée par un tableau d'échanges informationnels qui représente l'ensemble des activités d'émission-réception d'information par tous les pôles de l'organisation

2.1.3/ Le tableau des échanges informationnels

Afin de donner plus de lisibilité à l'activité proprement intra-organisationnelle, on regroupe pour chaque pôle d'une part tout ce qui est envoyé en dehors de la structure (E), d'autre part tout ce qui est reçu de l'extérieur de la structure (R). Ainsi, pour tout pôle émetteur i , $E = x_{iM} + x_{iE} + x_{iD}$ et pour tout pôle récepteur j , $R = x_{Ej} + x_{Aj}$

pôles	1	2	...	n	E	X
1	x_{11}	x_{12}	\dots	x_{1n}	x_{1E}	X_1
2	x_{21}	x_{22}	\dots	x_{2n}	x_{2E}	X_2
\vdots	\vdots	\vdots	\ddots	\vdots	\vdots	\vdots
n	x_{n1}	x_{n2}	\dots	x_{nn}	x_{nE}	X_n
R	R_1	R_2	\dots	R_n		
X	X_1	X_2	\dots	X_n		

Les lignes du tableau décrivent la répartition des flux d'information émis par chaque pôle i alors que les colonnes permettent d'identifier l'origine des flux d'information à destination du pôle j .

La « loi de conservation » implique que le montant total des emplois est égal au montant total des ressources.

2.1.4/ Le sens de dominance : l'hypothèse d'offre dominante

Alors que la plupart des modèles d'échanges économiques fondés sur la méthode input-output retiennent l'hypothèse de dominance par la demande¹⁰, la nature spécifique de l'information nous amène davantage sur une hypothèse de dominance par l'offre, dans la lignée des travaux sur la dominance informationnelle (Lantner, 1996, Thépaut 1997, 2002)¹¹.

La présentation de la méthode usuelle input-output dans le chapitre trois a permis d'identifier les défauts majeurs de l'hypothèse d'offre dominante selon De Mesnard (2002). Elles concernent essentiellement trois dimensions :

- 1) le choix de la valorisation des flux (par le prix des outputs ou par le prix des inputs), lié lui-même aux hypothèses sur la structure étudiée, à savoir n pôles produisant chacun une marchandise distincte à partir d'inputs distincts dans le modèle de Leontief, n pôles produisant une marchandise distincte à partir d'un même input homogène chez Gosh.
- 2) la capacité ou non à déterminer à la fois les quantités et les prix
- 3) la cohérence théorique, au sens de la crédibilité des hypothèses

En ce qui concerne les deux premiers points, la théorie des graphes d'influence n'a pas besoin d'hypothèses sur la nature des prix qui vont être pris en compte afin de valuer les échanges puisqu'elle suppose ces prix connus (à la fois ceux des inputs et ceux des outputs). De la même manière, nous n'avons pas besoin d'essayer de déterminer les prix et quantités échangées mais de déduire d'une structure observée un certain nombre de résultats sur le cheminement de l'influence. L'utilisation que nous en faisons est par nature basée sur le recueil préalable des données du tableau des échanges¹².

Au sujet du troisième point, l'hypothèse d'offre dominante revient à supposer d'une part que les outputs informationnels dépendent des ressources informationnelles externes disponibles et d'autre part que le volume des informations transmises est proportionnel au volume des informations créées. Elle implique que chaque pôle est tenu d'accepter des ressources

¹⁰ Cela revient à considérer que la dépendance économique se situe davantage du côté des débouchés que des approvisionnements. Cette hypothèse s'inscrit dans la tradition keynésienne (par opposition à la tradition classique fondée sur la loi de Say) selon laquelle c'est le niveau de la demande qui détermine le niveau de l'offre. Dans ce cas les pôles terminaux demandeurs sont les sources de perturbation du système auxquelles s'adaptent les pôles offreurs pour déterminer leurs niveaux de production respectifs.

¹¹ On peut ajouter à ces références les travaux sur la convergence dans le multimedia de Lequeux (2002).

¹² Cela pose évidemment d'autres problèmes que nous traiterons au chapitre 5.

informationnelles issues de sources exogènes, et qu'en réponse à cet accroissement de ressources, il est contraint de les transmettre à son tour. La nature de l'organisation étant au final orientée vers la prise de décision, cette hypothèse nous semble peu coûteuse en termes de réalisme. Si l'on considère que les agents souhaitent réduire au maximum l'incertitude de leur environnement et absorbent pour le faire toutes les informations complémentaires qu'ils peuvent obtenir, la contrainte n'est plus la réception « forcée » mais bien la fixité du coefficient, chacun ayant intérêt à augmenter sa consommation d'information, notamment celle en provenance des individus identifiés comme de « bonnes sources », pour des raisons formelles ou non.

Finalement, compte tenu de notre objet d'étude, le choix d'un modèle à offre dominante nous paraît cohérent. Chaque pôle d'activité i de la structure organisationnelle va transmettre une partie de son information aux autres pôles j dont il reçoit en retour d'autres informations. Les ressources informationnelles de chaque pôle proviennent ainsi de l'information traitée des autres pôles de l'organisation ou de sources exogènes. Ajoutons enfin que la théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources présentée au chapitre trois est bien dans l'esprit de l'hypothèse choisie: les agents dépendent de leurs fournisseurs et pas de leurs « clients ».

2.1.5/ Les équations d'échange

L'hypothèse d'offre dominante correspond à une lecture du tableau des échanges informationnels en colonne. Cela amène à la représentation du système de répartition des ressources suivante:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_1 = x_{11} + x_{21} + \dots + x_{n1} + R_1 \\ \vdots \\ X_j = x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{nj} + R_j \\ \vdots \\ X_n = x_{1n} + x_{2n} + \dots + x_{nn} + R_n \end{array} \right. \quad (1)$$

Si l'on suppose une perturbation-source unique de l'offre d'information dans le pôle j , c'est à dire une augmentation ΔR_j alors l'accroissement de la transmission (production) d'information par le pôle j entraînera une variation proportionnelle de la transmission d'information dans les $(n - 1)$ autres pôles de l'organisation. Dans ce cadre, l'hypothèse de

proportionnalité des outputs aux inputs s'exprime par le fait que les coefficients de débouchés sont constants :

$$\frac{x_{ij}}{X_i} = \frac{\Delta x_{ij}}{\Delta X_i} = \alpha_{ij} \Leftrightarrow \Delta x_{ij} = \alpha_{ij} \Delta X_i$$

Finalement, le système des modifications de l'activité informationnelle des pôles induites par la variation initiale ΔR_j s'écrit donc :

$$\begin{cases} \Delta X_1 = \Delta x_{11} + \Delta x_{21} + \dots + \Delta x_{n1} \\ \vdots \\ \Delta X_j = \Delta x_{1j} + \Delta x_{2j} + \dots + \Delta x_{nj} + \Delta R_j \\ \vdots \\ \Delta X_n = \Delta x_{1n} + \Delta x_{2n} + \dots + \Delta x_{nn} \end{cases} \quad (2)$$

2.2/ Les deux natures de l'influence

2.2.1/ Définitions de l'influence

Soient j et k deux pôles d'activité informationnelle dont la valeur totale des ressources informationnelles est respectivement X_j et X_k . Soit R_j le montant des ressources informationnelles du pôle j apportées par des sources externes à l'organisation. Sous l'hypothèse d'offre dominante, R_j est supposé exogène. D'après Lantner (1974, p. 68), on appelle alors :

– *influence absolue* $I_{(j) \rightarrow k}^G$ du pôle-offreur (j)¹³ sur le pôle k, le rapport de la variation absolue induite ΔX_k du montant total des ressources du pôle k à la variation absolue initiale ΔR_j de l'offre d'informations externes du pôle-source (j) :

$$I_{(j) \rightarrow k}^G = \frac{\Delta X_k}{\Delta R_j},$$

¹³ Conventionnellement, (j) désigne le pôle-source de perturbations dans la structure. Il correspond au pôle-offreur qui a reçu les informations externes et qui les diffuse dans la structure. j représente simplement un pôle de la structure.

– *influence relative* $i_{(j) \rightarrow k}^G$ du pôle-offreur (j) sur le pôle k, le rapport de la variation relative induite $\frac{\Delta X_k}{X_k}$ des ressources du pôle k à la variation relative initiale $\frac{\Delta R_j}{R_j}$ de l'offre d'informations externes du pôle-source (j) :

$$i_{(j) \rightarrow k}^G = \frac{\frac{\Delta X_k}{X_k}}{\frac{\Delta R_j}{R_j}}.$$

L'influence relative d'un pôle-offreur (j) sur un pôle k de la structure traduit donc l'élasticité des ressources (de l'output) du pôle k à une variation des ressources informationnelles externes du pôle (j).

A partir de ces définitions, il convient de préciser l'articulation entre les termes d'influence, de dépendance, de pouvoir et de dominance, ce dernier terme étant notamment utilisé par Lantner (1996) pour caractériser les relations informationnelles entre membres d'une structure. L'influence (absolue) d'un agent i sur un agent k est ici définie comme la variation de la production d'information de k induite par une modification des ressources informationnelles de i. Dans l'hypothèse où ce sont les variations de l'offre qui impulsent des variations de demande, cette influence de j sur k définit symétriquement le degré de dépendance de l'agent k par rapport à l'agent j au niveau de ses fournitures, c'est-à-dire au niveau des ressources dont il va pouvoir disposer. On retrouve ici les approches structurales du pouvoir présentées au chapitre trois et, sur la base de la définition d'Emerson (1962), on peut qualifier la dépendance de k par rapport à j le pouvoir de j sur k. Une conséquence est que les termes de pouvoir et d'influence sont pour nous des synonymes, dans la lignée des travaux des auteurs ayant contribué de manière significative sur le sujet (Pfeffer, 1981, Mintzberg, 1986 ou Salancik, 1986). Par ailleurs, la hiérarchisation des agents de la structure en fonction du critère de l'influence va aboutir à l'identification des pôles dominants, établissant ainsi un ordre de dominance.

2.2.2/ Le graphe d'influence absolue

Dans la mesure où les indicateurs d'influence sont définis par rapport à des variations, on va écrire les systèmes d'équations d'échanges en variation (les systèmes sont linéaires).

2.2.2.1/ Définition du graphe d'influence absolue

En intégrant les coefficients de débouchés $\alpha_{ij} = \frac{\Delta x_{ij}}{\Delta X_i}$, le système (2) devient :

$$\begin{cases} \Delta X_1 = \alpha_{11}\Delta X_1 + \alpha_{21}\Delta X_2 + \dots + \alpha_{n1}\Delta X_n \\ \vdots \\ \Delta X_j = \alpha_{1j}\Delta X_1 + \alpha_{2j}\Delta X_2 + \dots + \alpha_{nj}\Delta X_n + \Delta R_j \\ \vdots \\ \Delta X_n = \alpha_{1n}\Delta X_1 + \alpha_{2n}\Delta X_2 + \dots + \alpha_{nn}\Delta X_n \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \Delta X_1 - \alpha_{11}\Delta X_1 - \alpha_{21}\Delta X_2 - \dots - \alpha_{n1}\Delta X_n = 0 \\ \vdots \\ \Delta X_j - \alpha_{1j}\Delta X_1 - \alpha_{2j}\Delta X_2 - \dots - \alpha_{nj}\Delta X_n = \Delta R_j \\ \vdots \\ \Delta X_n - \alpha_{1n}\Delta X_1 - \alpha_{2n}\Delta X_2 - \dots - \alpha_{nn}\Delta X_n = 0 \end{cases} \quad (3)$$

L'introduction des coefficients de débouchés dans le système initial va permettre d'identifier les variations absolues induites par une perturbation unique ΔR_j .

Dans le cas général, si on considère des sources de perturbations multiples le système peut être réécrit comme suit :

$$\begin{cases} \Delta X_1 - \alpha_{11}\Delta X_1 - \alpha_{21}\Delta X_2 - \dots - \alpha_{n1}\Delta X_n = \Delta R_1 \\ \vdots \\ \Delta X_j - \alpha_{1j}\Delta X_1 - \alpha_{2j}\Delta X_2 - \dots - \alpha_{nj}\Delta X_n = \Delta R_j \\ \vdots \\ \Delta X_n - \alpha_{1n}\Delta X_1 - \alpha_{2n}\Delta X_2 - \dots - \alpha_{nn}\Delta X_n = \Delta R_n \end{cases} \quad (4)$$

Exprimé sous sa forme canonique, le système (4) devient :

$$\begin{cases} (1 - \alpha_{11}) \Delta X_1 - \alpha_{21}\Delta X_2 - \dots - \alpha_{n1}\Delta X_n - \Delta R_1 = 0 \\ \vdots \\ -\alpha_{1j}\Delta X_1 - \alpha_{2j}\Delta X_2 - \dots + (1 - \alpha_{jj}) \Delta X_j - \dots - \alpha_{nj}\Delta X_n - \Delta R_j = 0 \\ \vdots \\ -\alpha_{1n}\Delta X_1 - \alpha_{2n}\Delta X_2 - \dots + (1 - \alpha_{nn}) \Delta X_n - \Delta R_n = 0 \end{cases} \quad (5)$$

On appelle alors *graphe d'influence absolue*, le « graphe de fluence multi-ouvert »¹⁴ associé au système (5) des variations absolues de flux d'information.

Dans ce graphe, les coefficients de débouchés servent à la valuation des arcs entre pôles. Ces coefficients capturent en fait l'influence directe et ils vont être complétés à la suite de manipulations algébriques complémentaires par des indicateurs d'influence globale de chaque pôle sur l'ensemble de la structure prenant en compte la combinaison des effets directs et indirects.

2.2.2.2/ Le multiplicateur d'influence

La réécriture du système (4) sous forme matricielle donne¹⁵ :

$$\begin{bmatrix} \Delta X_1 & \dots & \Delta X_j & \dots & \Delta X_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (1-\alpha_{11}) & \dots & -\alpha_{1j} & \dots & -\alpha_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\alpha_{i1} & \dots & -\alpha_{ij} & \dots & -\alpha_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\alpha_{n1} & \dots & -\alpha_{nj} & \dots & (1-\alpha_{nn}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta R_1 & \dots & \Delta R_j & \dots & \Delta R_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

soit sous forme condensée :

$$[\Delta X][I - A] = [\Delta R] \Leftrightarrow [\Delta X] = [\Delta R][I - A]^{-1}$$

En appelant φ_{ij} les termes de la matrice $[I - A]^{-1}$, il vient

$$\begin{bmatrix} \Delta X_1 & \dots & \Delta X_j & \dots & \Delta X_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta R_1 & \dots & \Delta R_j & \dots & \Delta R_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \dots & \varphi_{1j} & \dots & \varphi_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \varphi_{i1} & \dots & \varphi_{ij} & \dots & \varphi_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varphi_{n1} & \dots & \varphi_{nj} & \dots & \varphi_{nn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

L'écriture matricielle (7) correspond au système d'équations suivant :

$$\begin{cases} \Delta X_1 = \varphi_{11}\Delta R_1 + \varphi_{21}\Delta R_2 + \dots + \varphi_{n1}\Delta R_n \\ \vdots \\ \Delta X_j = \varphi_{1j}\Delta R_1 + \varphi_{2j}\Delta R_2 + \dots + \varphi_{nj}\Delta R_n \\ \vdots \\ \Delta X_n = \varphi_{1n}\Delta R_1 + \varphi_{2n}\Delta R_2 + \dots + \varphi_{nn}\Delta R_n \end{cases} \quad (8)$$

¹⁴ Lantner (1974, p. 70).

¹⁵ Dans le cadre de la dominance par l'offre, les vecteurs $[\Delta X]$ et $[\Delta R]$ sont des vecteurs lignes. L'écriture matricielle qui rend compte du système d'équations est donc bien $[\Delta X][I-A] = [\Delta R]$ et non $[I-A][\Delta X] = [\Delta R]$.

L'écriture (8) a un sens économique intéressant puisqu'elle exprime les variations de l'output informationnel de chaque pôle en fonction des variations de ressources informationnelles externes de tous les éléments de la structure. Les coefficients φ_{ij} sont appelés dans la méthodologie input-output usuelle (appliquée aux tableaux d'échange inter-industriels) les « élasticités de la production » du secteur j par rapport à la variation des ressources externes (appelés aussi inputs primaires) du secteur i : ce sont les effets sur la production du pôle j d'une variation d'une unité des inputs primaires (ressources) du pôle i.

Plusieurs informations pertinentes peuvent être extraites de la matrice $[\Phi] = [\varphi_{ij}]$ en fonction du nombre de sources de perturbations d'une part, du nombre de pôles affectés d'autre part.

a) Une source unique de perturbation

A partir de la définition de l'influence absolue, l'effet d'une perturbation-source unique ΔR_j sur un pôle k s'écrit aussi :

$$\Delta X_k = (I_{(j) \rightarrow k}^G) \Delta R_j$$

Le système (8) et l'écriture matricielle correspondante nous permettent d'écrire également :

$$\Delta X_k = \varphi_{jk} \Delta R_j$$

Si l'on considère par exemple l'impact d'une variation des ressources informationnelles externes du pôle 3 sur l'output du pôle 1, on a alors $\Delta X_1 = \varphi_{31} \Delta R_3$ donc $(I_{(3) \rightarrow 1}^G) = \varphi_{31}$.

L'influence absolue du pôle j sur le pôle k est ainsi donnée par l'élément φ_{jk} dans la matrice $[\Phi]$ que l'on pourrait qualifier de matrice des influences absolues.

La linéarité de notre modèle nous permet d'établir également l'impact global d'une variation des ressources externes d'un pôle sur l'ensemble des pôles de la structure :

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{k=n} \Delta X_k &= \sum_{k=1}^{k=n} (I_{(j) \rightarrow k}^G) \Delta R_j \\ \Leftrightarrow \sum_{k=1}^{k=n} \Delta X_k &= \sum_{k=1}^{k=n} \varphi_{jk} \Delta R_j \end{aligned}$$

Si l'on reprend l'exemple précédent d'une variation unique des ressources externes du pôle 3 ($\Delta R_j = 0$ pour $j \neq 3$), l'impact de cette variation ΔR_3 sur l'ensemble des pôles de la structure va être :

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{k=n} \Delta X_k &= \sum_{k=1}^{k=n} (I_{(3) \rightarrow k}^G) \Delta R_3 \\ \Leftrightarrow \sum_{k=1}^{k=n} \Delta X_k &= \sum_{k=1}^{k=n} \varphi_{3k} \Delta R_3 \end{aligned}$$

On appelle alors multiplicateur d'offre (ou d'inputs) du graphe d'influence absolue associé à chaque pôle i la somme en ligne $\sum_{j=1}^{j=n} \varphi_{ij}$ de la matrice $[\Phi]$ dans (7).

Il nous renseigne sur la variation de la production totale d'information consécutive à l'augmentation d'une unité des inputs primaires d'un pôle. En d'autres termes, le multiplicateur correspond à l'influence globale d'un pôle sur l'ensemble de la structure une fois que les répercussions induites du choc initial ont été réalisées.

b) Des sources multiples de perturbations

Si l'on autorise la multiplicité des pôles-sources de variation autonome, la linéarité du modèle implique la simple additivité des effets. Dans le cas d'un modèle multi-ouvert, la variation absolue totale ΔX_k , induite par un ensemble de variations initiales autonomes ΔR_j , est alors une combinaison linéaire des variations de l'offre des pôles-sources :

$$\begin{aligned} \Delta X_k &= \sum_{j=1}^n (I_{(j) \rightarrow k}^G) \Delta R_j \\ \Leftrightarrow \Delta X_k &= \sum_{j=1}^n \varphi_{jk} \Delta R_j \end{aligned} \quad (k = 1, 2, \dots, n)$$

Par exemple, dans le cas où on s'intéresse à l'impact de ΔR_2 , ΔR_3 et ΔR_4 sur la production d'information du pôle 1 :

$$\begin{aligned} \Delta X_1 &= \sum_{j=2}^4 (I_{(j) \rightarrow 1}^G) \Delta R_j \Leftrightarrow \Delta X_1 = \sum_{j=2}^4 \varphi_{j1} \Delta R_j \\ \Leftrightarrow \Delta X_1 &= \varphi_{21} \Delta R_2 + \varphi_{31} \Delta R_3 + \varphi_{41} \Delta R_4 \end{aligned}$$

La somme en colonne $\sum_{i=1}^{i=n} \phi_{ij}$ nous donne donc l'impact total sur le pôle j des variations des ressources extérieures des pôles i¹⁶.

Un raisonnement analogue va nous permettre de mettre en évidence un certain nombre d'indicateurs associés au graphe d'influence relative.

2.2.3/ Le graphe d'influence relative

2.2.3.1/ Définition du graphe d'influence relative

Sous l'hypothèse de dominance par l'offre, le graphe d'influence absolue est déterminé à partir des coefficients de débouché L'hypothèse de proportionnalité des transmissions d'information aux autres pôles par rapport aux outputs nous a permis d'écrire :

$$\alpha_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_i} = \frac{\Delta x_{ij}}{\Delta X_i}.$$

Si on introduit maintenant la proportionnalité des inputs aux outputs pour chaque pôle, c'est à dire si l'on fait intervenir la constance des coefficients techniques $\theta_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}$, nous obtenons :

$$\frac{\Delta x_{ij}}{\Delta X_i} = \theta_{ij} X_j \frac{1}{X_i} \Leftrightarrow \Delta x_{ij} = \theta_{ij} X_j \frac{\Delta X_i}{X_i}$$

Le système (2) s'écrit alors :

$$\begin{cases} \Delta X_1 - \theta_{11} X_1 \frac{\Delta X_1}{X_1} - \theta_{21} X_1 \frac{\Delta X_2}{X_2} - \dots - \theta_{n1} X_1 \frac{\Delta X_n}{X_n} = 0 \\ \vdots \\ \Delta X_j - \theta_{1j} X_j \frac{\Delta X_1}{X_1} - \theta_{2j} X_j \frac{\Delta X_2}{X_2} - \dots - \theta_{nj} X_j \frac{\Delta X_n}{X_n} = \Delta R_j \\ \vdots \\ \Delta X_n - \theta_{1n} X_n \frac{\Delta X_1}{X_1} - \theta_{2n} X_n \frac{\Delta X_2}{X_2} - \dots - \theta_{nn} X_n \frac{\Delta X_n}{X_n} = 0 \end{cases} \quad (9)$$

¹⁶ Cet impact total est la combinaison des effets directs capturés par les coefficients de débouchés et des effets indirects transitant par tous les pôles avec lesquels un pôle donné est en relation. Ainsi, cette approche tient compte de la remarque d'Aujac (1960, p.184, cité dans Lequeux (2002, p. 397)) selon laquelle « il faut aller plus loin et admettre que l'effet initial peut être radicalement inversé, que l'effet 'direct' de domination de A sur B peut se transformer finalement, quand tous les effets dus à l'interdépendance ont achevé de se répercuter, en un effet réel de domination de B sur A ».

En divisant le système (9) par X_j , on obtient :

$$\begin{cases} \frac{\Delta X_1}{X_1} - \theta_{11} \frac{X_1}{X_1} \frac{\Delta X_1}{X_1} - \theta_{21} \frac{X_1}{X_1} \frac{\Delta X_2}{X_2} - \dots - \theta_{n1} \frac{X_1}{X_1} \frac{\Delta X_n}{X_n} = 0 \\ \vdots \\ \frac{\Delta X_j}{X_j} - \theta_{1j} \frac{X_j}{X_j} \frac{\Delta X_1}{X_1} - \theta_{2j} \frac{X_j}{X_j} \frac{\Delta X_2}{X_2} - \dots - \theta_{nj} \frac{X_j}{X_j} \frac{\Delta X_n}{X_n} = \frac{\Delta R_j}{X_j} \\ \vdots \\ \frac{\Delta X_n}{X_n} - \theta_{1n} \frac{X_n}{X_n} \frac{\Delta X_1}{X_1} - \theta_{2n} \frac{X_n}{X_n} \frac{\Delta X_2}{X_2} - \dots - \theta_{nn} \frac{X_n}{X_n} \frac{\Delta X_n}{X_n} = 0 \end{cases} \quad (10)$$

Afin d'alléger les notations et de faire apparaître à la fois la variation relative des outputs et la variation relative des ressources, on pose :

$$\Psi_k = \frac{\Delta X_k}{X_k}, \mu_j = \frac{\Delta R_j}{R_j} \text{ et } \delta_j = \frac{R_j}{X_j}$$

Il vient finalement :

$$\begin{cases} \Psi_1 - \theta_{11} \Psi_1 - \theta_{21} \Psi_2 - \dots - \theta_{n1} \Psi_n = 0 \\ \vdots \\ \Psi_j - \theta_{1j} \Psi_1 - \theta_{2j} \Psi_2 - \dots - \theta_{nj} \Psi_n = \delta_j \mu_j \\ \vdots \\ \Psi_n - \theta_{1n} \Psi_1 - \theta_{2n} \Psi_2 - \dots - \theta_{nn} \Psi_n = 0 \end{cases} \quad (11)$$

L'avantage de cette écriture qui introduit explicitement les coefficients techniques et qu'elle permet d'identifier les variations relatives des outputs informationnels Ψ_k en fonction de la variation relative initiale μ_j .

Dans le cas général, si on considère des sources de perturbations multiples, le système devient :

$$\begin{cases} \Psi_1 - \theta_{11} \Psi_1 - \theta_{21} \Psi_2 - \dots - \theta_{n1} \Psi_n = \delta_1 \mu_1 \\ \vdots \\ \Psi_j - \theta_{1j} \Psi_1 - \theta_{2j} \Psi_2 - \dots - \theta_{nj} \Psi_n = \delta_j \mu_j \\ \vdots \\ \Psi_n - \theta_{1n} \Psi_1 - \theta_{2n} \Psi_2 - \dots - \theta_{nn} \Psi_n = \delta_n \mu_n \end{cases} \quad (12)$$

Si on exprime (12) sous sa forme canonique, il vient :

$$\begin{cases} (1-\theta_{11})\Psi_1 - \theta_{21}\Psi_2 - \dots - \theta_{n1}\Psi_n - \delta_1\mu_1 = 0 \\ \vdots \\ -\theta_{1j}\Psi_1 - \theta_{2j}\Psi_2 - \dots + (1-\theta_{jj})\Psi_j - \dots - \theta_{nj}\Psi_n - \delta_j\mu_j = 0 \\ \vdots \\ -\theta_{1n}\Psi_1 - \theta_{2n}\Psi_2 - \dots - (1-\theta_{nn})\Psi_n - \delta_n\mu_n = 0 \end{cases} \quad (13)$$

On nomme alors *graphe d'influence relative*, le « graphe de fluence multi-ouvert » associé au système (13) des variations relatives des flux informationnels (Lantner, 1974).

2.2.3.2/ L'élasticité de l'output informationnel et le multiplicateur d'activité

Sous forme matricielle, le système (10) s'écrit :

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \frac{\Delta X_1}{X_1} & \dots & \frac{\Delta X_j}{X_j} & \dots & \frac{\Delta X_n}{X_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (1-\theta_{11}) & \dots & -\theta_{1j} & \dots & -\theta_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\theta_{i1} & \dots & -\theta_{ij} & \dots & -\theta_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\theta_{n1} & \dots & -\theta_{nj} & \dots & (1-\theta_{nn}) \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} \frac{\Delta R_1}{R_1} & \dots & \frac{\Delta R_j}{R_j} & \dots & \frac{\Delta R_n}{R_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{R_1}{X_1} & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{R_j}{X_j} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & \frac{R_n}{X_n} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (14)$$

Soit sous forme condensée : $\begin{bmatrix} \frac{\Delta X}{X} \end{bmatrix} [I - \Theta] = \begin{bmatrix} \frac{\Delta R}{R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{R}{X} \end{bmatrix}$ avec $\begin{bmatrix} \frac{R}{X} \end{bmatrix}$ une matrice diagonale

$$\Leftrightarrow \begin{bmatrix} \frac{\Delta X}{X} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta R}{R} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{R}{X} \end{bmatrix} [I - \Theta]^{-1} \quad (15)$$

En notant $[\Gamma] = [\gamma_{ij}]$ la matrice $[I - \Theta]^{-1}$, (15) se réécrit :

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta X_1}{X_1} & \dots & \frac{\Delta X_j}{X_j} & \dots & \frac{\Delta X_n}{X_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta R_1}{R_1} & \dots & \frac{\Delta R_j}{R_j} & \dots & \frac{\Delta R_n}{R_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{R_1}{X_1} & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{R_j}{X_j} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & \frac{R_n}{X_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \dots & \gamma_{1j} & \dots & \gamma_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \gamma_{i1} & \dots & \gamma_{ij} & \dots & \gamma_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{n1} & \dots & \gamma_{nj} & \dots & \gamma_{nn} \end{bmatrix} \quad (16)$$

Soit $[N]$ la matrice :

$$[N] = \begin{bmatrix} \frac{R_1}{X_1} & \dots & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{R_j}{X_j} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & \frac{R_n}{X_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \dots & \gamma_{1j} & \dots & \gamma_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \gamma_{i1} & \dots & \gamma_{ij} & \dots & \gamma_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \gamma_{n1} & \dots & \gamma_{nj} & \dots & \gamma_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & \dots & v_{ij} & \dots & v_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & \dots & v_{nj} & \dots & v_{nn} \end{bmatrix}$$

L'écriture (16) devient alors:

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta X_1}{X_1} & \dots & \frac{\Delta X_j}{X_j} & \dots & \frac{\Delta X_n}{X_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta R_1}{R_1} & \dots & \frac{\Delta R_j}{R_j} & \dots & \frac{\Delta R_n}{R_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & \dots & v_{ij} & \dots & v_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & \dots & v_{nj} & \dots & v_{nn} \end{bmatrix} \quad (17)$$

(17) correspond au système suivant :

$$\begin{cases} \frac{\Delta X_1}{X_1} = v_{11} \frac{\Delta R_1}{R_1} + v_{21} \frac{\Delta R_2}{R_2} + \dots + v_{n1} \frac{\Delta R_n}{R_n} \\ \vdots \\ \frac{\Delta X_j}{X_j} = v_{1j} \frac{\Delta R_1}{R_1} + v_{2j} \frac{\Delta R_2}{R_2} + \dots + v_{nj} \frac{\Delta R_n}{R_n} \\ \vdots \\ \frac{\Delta X_n}{X_n} = v_{1n} \frac{\Delta R_1}{R_1} + v_{2n} \frac{\Delta R_2}{R_2} + \dots + v_{nn} \frac{\Delta R_n}{R_n} \end{cases} \quad (18)$$

Les coefficients v_{ij} sont donc les élasticités de la production du pôle j par rapport à la variation des ressources externes (appelées aussi inputs primaires) du pôle i : ce sont les effets sur la

production relative du pôle j d'une variation relative d'une unité des inputs primaires (ressources) du pôle i.

En suivant un raisonnement analogue à celui qui a conduit à l'identification d'indicateurs d'influence absolue, on peut extraire de la matrice $[N] = [v_{ij}]$ un certain nombre d'informations permettant de qualifier les relations d'influence (cette fois-ci relative) entre pôles de la structure.

a) Une source unique de perturbation

A partir de la définition de l'influence relative, l'effet d'une perturbation-source unique ΔR_j sur un pôle k s'écrit également :

$$\frac{\Delta X_k}{X_k} = (i_{(j) \rightarrow k}^G) \frac{\Delta R_j}{R_j}$$

Le système (18) et l'écriture matricielle correspondante nous permettent d'écrire également :

$$\frac{\Delta X_k}{X_k} = v_{jk} \frac{\Delta R_j}{R_j}$$

Si l'on considère par exemple l'impact d'une variation relative des ressources informationnelles externes du pôle 3 sur la variation relative de l'output du pôle 1, on a

$$\text{alors } \frac{\Delta X_1}{X_1} = v_{31} \frac{\Delta R_3}{R_3} \text{ donc } (i_{(3) \rightarrow 1}^G) = v_{31}.$$

L'influence absolue du pôle j sur le pôle k est donc donnée par l'élément v_{jk} dans la matrice N que l'on pourrait qualifier ainsi de matrice des influences relatives.

La linéarité de notre modèle nous permet d'établir également l'impact global d'une variation des ressources externes d'un pôle sur l'ensemble des pôles de la structure :

$$\sum_{k=1}^{k=n} \frac{\Delta X_k}{X_k} = \sum_{k=1}^{k=n} (i_{(j) \rightarrow k}^G) \frac{\Delta R_j}{R_j} \Leftrightarrow \sum_{k=1}^{k=n} \frac{\Delta X_k}{X_k} = \sum_{k=1}^{k=n} v_{jk} \frac{\Delta R_j}{R_j}$$

Si l'on reprend l'exemple précédent d'une variation relative unique des ressources externes du pôle 3 ($\frac{\Delta R_j}{R_j} = 0$ pour $j \neq 3$), l'impact de cette variation sur l'ensemble des pôles de la structure va être :

$$\sum_{k=1}^{k=n} \frac{\Delta X_k}{X_k} = \sum_{k=1}^{k=n} (i_{(3) \rightarrow k}^G) \frac{\Delta R_3}{R_3} \Leftrightarrow \sum_{k=1}^{k=n} \frac{\Delta X_k}{X_k} = \sum_{k=1}^{k=n} v_{3k} \frac{\Delta R_3}{R_3}$$

On appelle alors multiplicateur de l'offre (ou d'inputs) du graphe d'influence relative associé à chaque pôle i la somme en ligne $\sum_{j=1}^{j=n} v_{ij}$.

Il nous renseigne sur la variation de la production totale d'information (exprimée relativement à l'output initial) consécutive à la variation en pourcentage des inputs primaires d'un pôle. En d'autres termes, le multiplicateur correspond à l'influence relative globale d'un pôle sur l'ensemble de la structure une fois que les répercussions induites du choc initial ont été réalisées.

b) Des sources multiples de perturbations

Si l'on autorise la multiplicité des pôles-sources de variation autonome, la linéarité du modèle implique la simple additivité des effets. Dans le cas d'un modèle multi-ouvert, la variation relative totale $\frac{\Delta X_k}{X_k}$, induite par un ensemble de variations initiales autonomes $\frac{\Delta R_j}{R_j}$, est alors une combinaison linéaire des variations relatives de l'offre des pôles-sources :

$$\begin{aligned} \frac{\Delta X_k}{X_k} &= \sum_{j=1}^n (i_{(j) \rightarrow k}^G) \frac{\Delta R_j}{R_j} \\ &\Leftrightarrow \frac{\Delta X_k}{X_k} = \sum_{j=1}^n v_{jk} \frac{\Delta R_j}{R_j} \end{aligned} \quad (k = 1, 2, \dots, n)$$

Par exemple, dans le cas où on s'intéresse à l'impact de $\frac{\Delta R_2}{R_2}$, $\frac{\Delta R_3}{R_3}$ et $\frac{\Delta R_4}{R_4}$ sur la variation relative de la production d'information du pôle 1 :

$$\frac{\Delta X_1}{X_1} = \sum_{j=2}^4 (i_{(j) \rightarrow 1}^G) \frac{\Delta R_j}{R_j} \Leftrightarrow \frac{\Delta X_1}{X_1} = \sum_{j=2}^4 v_{j1} \frac{\Delta R_j}{R_j}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta X_1}{X_1} = v_{21} \frac{\Delta R_2}{R_2} + v_{31} \frac{\Delta R_3}{R_3} + v_{41} \frac{\Delta R_4}{R_4}$$

La somme en colonne $\sum_{i=1}^{i=n} v_{ij}$ nous donne donc l'impact total en pourcentage sur le pôle j des variations en pourcentage des ressources autonomes des pôles i.

A ce stade de l'analyse, une remarque fondamentale doit être faite en ce qui concerne le rôle respectif des coefficients de débouchés et des coefficients techniques. Alors que la méthode input-output traditionnelle associe chaque type de coefficient à un choix de dominance¹⁷, à la suite de Lantner (1974, 1996) nous constatons que les deux écritures du système d'échange de flux informationnels sont complémentaires et cohérentes dans le cadre de notre hypothèse initiale de dominance par l'offre. Elles permettent simplement de distinguer deux familles d'indicateurs relevant soit de l'influence absolue soit de l'influence relative¹⁸.

Conclusion de la section 2

Dans cette seconde section, nous avons représenté la structure informationnelle d'une organisation au travers d'un modèle à offre dominante, où les relations entre les pôles d'activité correspondent à de la transmission d'information. Elles sont évaluées par la quantité d'information (ou la valeur de l'information) qui transite entre les pôles.

Dans le prolongement du modèle séminal de Lantner (1974), nous avons défini le graphe d'influence absolue comme étant le graphe associé au système d'équations simultanées caractérisant l'effet absolu d'une ou plusieurs variation(s)-source(s) sur l'activité (de transmission d'information) des pôles de la structure. Le graphe d'influence absolue est donc le graphe multi-ouvert associé au système des variations absolues de flux informationnels.

Par ailleurs, nous avons défini le graphe d'influence relative comme un système d'équations simultanées caractérisant l'effet relatif d'une ou plusieurs variation(s)-source(s) sur l'activité informationnelle des pôles. Le graphe d'influence relative est donc le graphe multi-ouvert associé au système des variations relatives de flux informationnels.

¹⁷ Voir notamment la présentation de la méthode au chapitre trois, dans la veine de celle de Leontief (1986).

¹⁸ Par ailleurs, si "le piège de la symétrie" évoqué par Lantner (1996, p. 8) concerne la distinction traditionnelle entre une analyse en demande dominante par les coefficients techniques et une analyse en offre dominante menée par les coefficients de débouchés, on remarque néanmoins qu'il existe une certaine symétrie dans le cadre de la théorie des graphes d'influence. En effet, en demande dominante les coefficients techniques renvoient à l'influence absolue et les coefficients de débouchés à l'influence relative et en offre dominante les premiers renvoient à l'influence relative et les seconds à l'influence absolue. Le message principal ne change pas : chaque indicateur renvoie à une modalité particulière de l'influence et non au sens de dominance.

En dernier lieu, nous avons souligné que les représentations alternatives en termes de coefficients techniques ou de coefficients de débouché ne relèvent pas du choix du sens de dominance (par la demande ou par l'offre). Les deux coefficients renvoient à un même réalité (ici, la dominance par l'offre) qu'ils décrivent de manière relative ou absolue.

Section 3 : La diffusion arborescente des influences extérieures et le déterminant d'une structure d'échanges

A partir des travaux de Bott & Mayberry (1954)¹⁹, (Lantner, 1972, 1974) a montré que le déterminant d'une structure d'échanges était fonction de la diffusion arborescente des influences extérieures à travers la structure. L'objet de cette troisième section est d'expliquer comment l'influence se diffuse globalement à partir d'une décomposition de la structure en un ensemble de sous-structures. En effet, l'influence globale qui transite à travers la structure organisationnelle correspond à la somme des influences (partielles) qui circulent à l'intérieur de ses sous-structures. La décomposition structurale est une manière intuitive de calculer le déterminant de la structure d'échanges qui peut ainsi être interprété comme un indicateur de la diffusion arborescente de l'influence à travers cette structure.

3.1/ Déterminant d'une matrice et Graphes Partiels Hamiltoniens

A partir du théorème de Bott et Mayberry (1954), Lantner (1972, 1974) a montré que le déterminant associé à une structure d'échanges était une fonction de la valeur des graphes partiels hamiltoniens du graphe représentatif de cette structure.

3.1.1/ Définition des Graphes Partiels Hamiltoniens

On appelle Graphe Partiel Hamiltonien (GPH) tout ensemble de « boucles et circuits disjoints tel que chaque sommet du graphe d'influence appartienne à une boucle ou un circuit (nécessairement unique) »²⁰. Dans une structure à n pôles²¹, un GPH est ainsi un ensemble de

¹⁹ Voir annexe 6 pour une présentation du théorème de Bott & Mayberry.

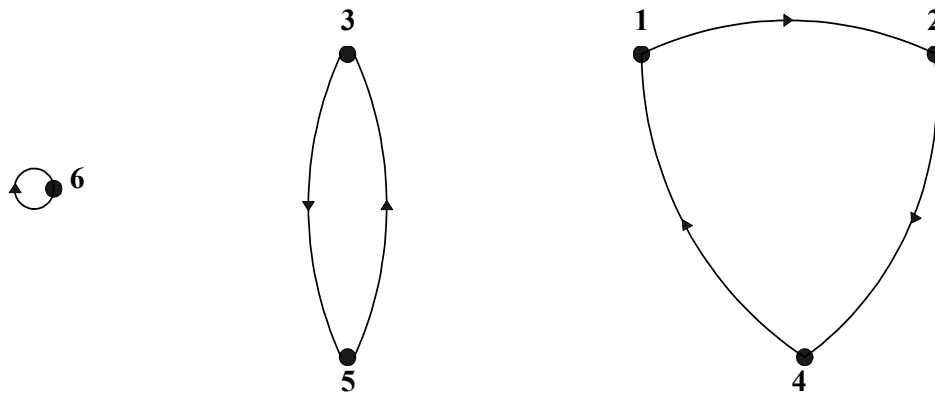
²⁰ Lantner (1974, p. 97).

²¹ Lequeux (2002, chapitre 8, p. 355) établit un théorème énonçant que le nombre de GPH d'un graphe complet et orienté à n pôles est égal à n !

circuits de longueur $\ell \in [1, n]$, tel que chaque sommet du graphe appartient à un et un seul de ces circuits.

Dans la mesure où les sommets d'un GPH ne peuvent appartenir qu'à un seul circuit²², chaque GPH est nécessairement constitué de n arcs ou boucles. C'est une propriété intéressante dans la mesure où cela signifie que l'on peut associer à chacun des GPH deux permutations²³ : la première est composée de l'indice des sommets du graphe rangés dans l'ordre des entiers naturels (ce sont les sommets-origines des arcs du GPH), la seconde composée des sommets-destinations des arcs du GPH correspond à une substitution sur la première permutation.

A titre d'illustration, le GPH suivant :



correspond aux permutations :

- $P_1 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ qui représente l'ensemble des pôles-sources du GPH
- $P_2 = \{2, 4, 5, 1, 3, 6\}$ qui représente l'ensemble des pôles-récepteurs du GPH

ainsi qu'à une substitution sur P_1 , que l'on note²⁴ :

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \\ 2 & 4 & 5 & 1 & 3 & 6 \end{pmatrix}$$

²² De longueur minimale égale à 1 – une boucle – et de longueur maximale égale à n .

²³ Pour la clarté du développement qui va suivre, rappelons les définitions suivantes (Lantner, 1974, p. 76) :

- une permutation : sachant n éléments distincts, une permutation est un ensemble rangé de ces n éléments ;
- une inversion : étant donnée une permutation des n premiers entiers naturels, on dit qu'un élément i de la permutation présente une inversion avec un élément j de la permutation si j suit i alors que i est supérieur à j ;
- une substitution sur une permutation de n éléments : toute application bi-univoque d'une permutation donnée sur une autre permutation des mêmes éléments.

²⁴ Lequeux (2002) présente en annexe 7 un programme de calcul et d'évaluation des GPH à partir de cette méthode.

3.1.2/ Calcul du déterminant d'une matrice

Par définition, le déterminant d'une matrice carrée d'ordre n est égal à la somme (signée) des produits de n éléments de la matrice par le cofacteur associé à chacun de ces éléments²⁵. Le déterminant d'une matrice $[D]$ d'ordre n dont les éléments sont notés d_{ij} , est égal à :

$$\det [D] = \sum_{j=1}^n (-1)^{i+j} d_{ij} A_{ij} \quad (19)$$

avec i l'indice des lignes, j l'indice des colonnes et A_{ij} le cofacteur associé à a_{ij} .

Comme le cofacteur A_{ij} est lui-même un déterminant, il est égal à la somme des produits des $(n-1)$ éléments restant de la matrice par le cofacteur respectivement associé à chaque élément. Le déterminant d'une matrice carrée d'ordre n est ainsi défini par la somme des produits de n éléments de la matrice, chacun de ces éléments étant extrait de lignes et de colonnes différentes par rapport aux autres. Cette définition suggère une autre lecture du déterminant qui va faire le lien avec la notion de GPH : « le déterminant Δ est obtenu en calculant la somme de tous les produits de n éléments de la matrice $[D]$ extraits de lignes et de colonnes différentes. On affecte ces produits du signe $(-1)^I$, I étant le nombre d'inversions présentées par la permutation des indices j des colonnes, les facteurs du produit étant placés suivant les indices i des lignes dans l'ordre naturel ».²⁶

Le déterminant Δ de la matrice $[D]$: $\Delta = \begin{vmatrix} d_{11} & d_{12} & \cdots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \cdots & d_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & \cdots & d_{nn} \end{vmatrix}$

s'écrit ainsi de manière équivalente :

$$\Delta = (-1)^I \sum d_{1\alpha} \cdot d_{2\beta} \cdots d_{nv}$$

La sommation s'étend à « toutes les permutations des n premiers entiers naturels », I étant le nombre d'inversions correspondant à la permutation $\{\alpha, \beta, \dots, v\}$.

Dans la mesure où toute permutation des n premiers entiers naturels définit de manière biunivoque un graphe partiel hamiltonien, le déterminant d'une structure d'échanges est donc fonction de la valeur des GPH associés à cette structure.

²⁵ Le cofacteur associé à chaque élément est le déterminant de la matrice privée de l'élément en question.

²⁶ Lantner (1974, p. 97).

3.2/ Le théorème des boucles et des circuits

Ce théorème permet d'établir une nouvelle manière de calculer le déterminant d'une structure et peut s'énoncer comme suit²⁷ :

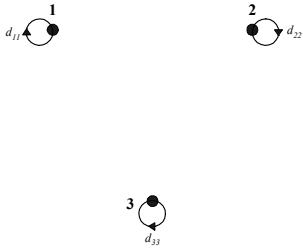
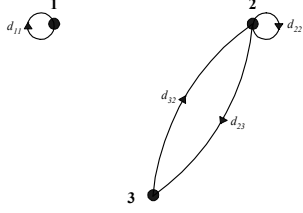
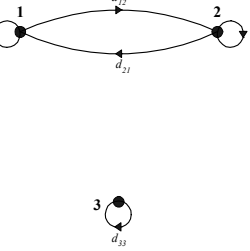
Si on appelle b_h le nombre de boucles et c_h le nombre de circuits contenus dans le $h^{ième}$ graphe partiel hamiltonien associé à la structure d'échanges, et si Π_h est le produit des gains de ces boucles et de ces circuits, alors le déterminant de la structure d'échanges est donné par :

$$D = \sum_h (-1)^{b_h + c_h} \Pi_h \quad (20)$$

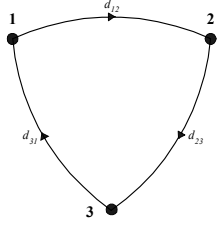
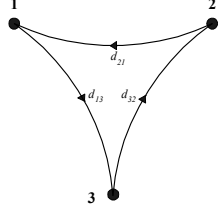
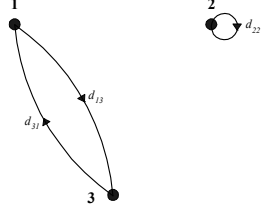
Soit une structure tripolaire dont le déterminant est donné par :

$$\Delta = \begin{vmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} \end{vmatrix}$$

Comme le graphe associé à cette matrice est complet et orienté, il existe $3! = 6$ graphes partiels hamiltoniens associés à la structure correspondante. Ils sont représentés ci-dessous et sur la page suivante.

		
$S_1 = \begin{pmatrix} 1, 2, 3 \\ 1, 2, 3 \end{pmatrix}$	$S_2 = \begin{pmatrix} 1, 2, 3 \\ 1, 3, 2 \end{pmatrix}$	$S_3 = \begin{pmatrix} 1, 2, 3 \\ 2, 1, 3 \end{pmatrix}$

²⁷ Pour la démonstration du théorème, le lecteur se reportera à Lantner (1998, 1999).

		
$S_4 = \begin{pmatrix} 1, 2, 3 \\ 2, 3, 1 \end{pmatrix}$	$S_5 = \begin{pmatrix} 1, 2, 3 \\ 3, 1, 2 \end{pmatrix}$	$S_6 = \begin{pmatrix} 1, 2, 3 \\ 3, 2, 1 \end{pmatrix}$

Si l'on distingue les deux manières de calculer le déterminant de la structure, on obtient respectivement :

$$\Delta = (-1)^I \sum d_{1\alpha} \cdot d_{2\beta} \cdots d_{nv}$$

$$\Leftrightarrow \Delta = (-1)^0 d_{11} d_{22} d_{33} + (-1)^1 d_{11} d_{23} d_{32} + (-1)^1 d_{12} d_{21} d_{33} + (-1)^2 d_{12} d_{23} d_{31} + (-1)^2 d_{13} d_{32} d_{21} + (-1)^3 d_{13} d_{31} d_{22}$$

$$D = \sum_h (-1)^{b_h + c_h} \Pi_h$$

$$\Leftrightarrow D = (-1)^3 d_{11} d_{22} d_{33} + (-1)^2 d_{11} d_{23} d_{32} + (-1)^2 d_{12} d_{21} d_{33} + (-1)^1 d_{12} d_{23} d_{31} + (-1)^1 d_{13} d_{32} d_{21} + (-1)^2 d_{13} d_{31} d_{22}$$

Dans tous les cas de figure, les termes du développement des déterminants Δ et D sont égaux en valeur absolue. Par ailleurs, ils sont de même signe dans le cas où le nombre de pôles est pair, ils sont de signe opposé lorsque n est impair. La règle de correspondance entre Δ et D est donc la suivante :

$$\Delta = (-1)^n D = (-1)^n \sum_h (-1)^{b_h + c_h} \Pi_h \quad (21)$$

On peut réécrire le déterminant Δ sous une forme plus simple en remarquant que chaque GPH est par définition composé de n sommets, c'est-à-dire n arcs et boucles. Soit b le nombre de boucles et a le nombre d'arcs dans un GPH, on aura nécessairement $a = n - b$.

Dès lors, le produit des boucles et des circuits associé à chaque GPH, noté Π_h , comporte b_h termes positifs et $(n - b_h)$ termes négatifs qui vont déterminer son signe:

$$\Pi_h = (-1)^{n-b_h} V_h \quad (22)$$

avec V_h la valeur arithmétique (en valeur absolue) du produit des gains des boucles et des circuits. En reportant (22) dans (21) il vient :

$$\Delta = (-1)^n \sum_h (-1)^{b_h + c_h} (-1)^{n - b_h} V_h = (-1)^n \sum_h (-1)^{n + c_h} V_h = (-1)^{2n} \sum_h (-1)^{c_h} V_h$$

$$\Leftrightarrow \Delta = \sum_h (-1)^{c_h} V_h \quad (23)$$

puisque $(-1)^{2n}$ est toujours positif.

Il y a donc bien correspondance entre la valeur du déterminant Δ et la valeur des graphes partiels hamiltoniens associés à la structure d'échanges²⁸. Le déterminant apparaît donc comme une fonction de l'agencement interne de la structure. Il constitue un bon indicateur de la diffusion des perturbations dans la structure (Lantner, 1972, 1974).

Conclusion de la section 3

Le déterminant d'une structure d'échange est une fonction croissante de la diffusion arborescente de l'influence à travers la structure. Ainsi, celui-ci peut être calculé à partir des influences partielles qui circulent dans l'ensemble des sous-structures (graphes partiels hamiltoniens). Il constitue un bon indicateur de la diffusion globale de l'influence à travers la structure. Nous allons montrer que sa valeur dépend de l'agencement des pôles dans la structure, c'est-à-dire de l'organisation topologique de celle-ci.

Section 4 : Cheminement de l'influence dans une structure au niveau global

La représentation de l'organisation comme structure de transmission de l'information ouvre des voies de quantification, par la théorie des graphes d'influence, des caractéristiques topologiques des types d'organisation que l'on peut côtoyer dans l'économie réelle.

Une caractérisation fine des différents types de structures organisationnelles doit être donnée selon la nature des réponses apportées à la question centrale suivante : quelle est la sensibilité

²⁸ A partir du programme initial de recherche des GPH dans une structure n-polaire établi avec F. Lequeux (l'algorithme légèrement modifié est reproduit dans Lequeux, 2002, annexe 7), nous avons pu vérifier que le théorème des boucles et des circuits (équation 20) est d'une portée plus générale que les seules matrices input-output.

en premier lieu de la structure dans son ensemble, ensuite des sous-unités qui la composent aux chocs exogènes auxquelles elle (s) est (sont) soumise (s) ?

Cette question est fortement liée au degré de perméabilité d'une organisation aux influences extérieures portées par les flux informationnels.

Le cas échéant, il faut s'intéresser à la manière dont les chocs informationnels exogènes se transmettent à l'intérieur de la structure. Sont-ils amortis par l'ensemble des pôles ou seulement par certains? Quel est le degré d'absorption respectif des pôles ?

En suivant Lantner (1974), nous allons étudier dans cette section les caractéristiques de la structure au moyen d'une analyse quantitative qui articule l'interprétation économique du déterminant donnée par la théorie des graphes d'influence et la structure des échanges informationnels. Cette analyse est menée sur la base de deux hypothèses relatives à la structure informationnelle:

- les relations entre la structure et son environnement sont supposées fixées : pour chaque pôle j , la proportion δ_j de ressources informationnelles importées de l'extérieur de la structure est donnée.
- les relations intra-structure sont supposées variables, c'est-à-dire que les termes du déterminant Δ sont considérés comme des variables. Le déterminant est donc étudié comme une fonction de ses termes, ou de l'arrangement interne de la structure.

4.1/ Structures autarciques et diffusion minimale de l'influence

L'offre de ressources informationnelles (exogènes) proposée par l'extérieur de la structure constitue des opportunités de transmission d'information complémentaire à l'intérieur de la structure. Celles-ci correspondent ainsi à ce que l'on pourrait appeler des « inductions d'offre ». De ce point de vue, on peut considérer que la structure est dépendante de l'extérieur. Le déterminant de la matrice $[I - \Theta]$ est défini ci-dessous :

$$\Delta = \begin{vmatrix} 1 - \theta_{11} & \dots & -\theta_{1j} & \dots & -\theta_{1n} \\ \vdots & \ddots & & & \\ -\theta_{i1} & \dots & 1 - \theta_{ij} & \dots & -\theta_{in} \\ \vdots & & & \ddots & \\ -\theta_{n1} & \dots & -\theta_{nj} & \dots & 1 - \theta_{nn} \end{vmatrix}$$

4.1.1/ Théorème de l'induction produit

La somme des termes de la $j^{\text{ième}}$ colonne est égale à δ_j (la part de ressources du pôle j fournie par l'extérieur de la structure). En effet, à partir du système (1), on a :

$$\begin{cases} R_1 = X_1 - x_{11} - x_{21} - \dots - x_{n1} \\ \vdots \\ R_j = X_j - x_{1j} - x_{2j} - \dots - x_{nj} \\ \vdots \\ R_n = X_n - x_{1n} - x_{2n} - \dots - x_{nn} \end{cases} \quad (24)$$

En introduisant les coefficients techniques :

$$\begin{cases} R_1 = X_1 - \theta_{11}X_1 - \theta_{21}X_1 - \dots - \theta_{n1}X_1 \\ \vdots \\ R_j = X_j - \theta_{1j}X_j - \theta_{2j}X_j - \dots - \theta_{nj}X_j \\ \vdots \\ R_n = X_n - \theta_{1n}X_n - \theta_{2n}X_n - \dots - \theta_{nn}X_n \end{cases} \quad (25)$$

En posant $\delta_j = \frac{R_j}{X_j}$, il vient

$$\begin{cases} \delta_1 = (1 - \theta_{11}) - \theta_{21} - \dots - \theta_{n1} \\ \vdots \\ \delta_j = -\theta_{1j} - \theta_{2j} - \dots + (1 - \theta_{jj}) - \dots - \theta_{nj} \\ \vdots \\ \delta_n = -\theta_{1n} - \theta_{2n} - \dots + (1 - \theta_{nn}) \end{cases} \quad (26)$$

La somme des termes de chaque colonne de la matrice $[I - \Theta]$ est donc égale à la proportion de ressources importées de l'extérieur, ce qui assure que l'ensemble des informations externes a été utilisé.

D'après Lantner (1974), l'induction de l'offre transmise à un pôle j peut être mesurée par la proportion de ressources que ce pôle a importée dans la structure ; δ_j est donc un bon

indicateur de l'induction de l'offre transmise au pôle j , et on appelle « induction-produit » la quantité : $\prod_{j=1}^n \delta_j$.

L'intérêt du théorème de l'induction-produit est qu'il permet de déterminer la valeur minimale du déterminant associé à une structure d'échange. Il s'énonce comme suit :

« La valeur minimale du déterminant Δ , en fonction de l'arrangement interne de la structure d'échanges économiques à laquelle il est associé, est égale à l'induction-produit s'exerçant sur la structure, c'est-à-dire au produit des inductions transmises par l'extérieur aux pôles de la structure. Cette valeur est positive ou nulle »²⁹.

$$\Delta \geq \prod_{j=1}^n \delta_j \geq 0$$

Il suffit qu'au moins un des δ_j soit nul pour que le déterminant soit également nul. La correspondance économique de cette propriété mathématique est alors qu'une condition suffisante de nullité de la transmission d'information externe dans la structure est qu'au moins un pôle de la structure soit à l'abri de toute influence extérieure en termes d'information.

En extrapolant, on pressent que le déterminant Δ prendra donc sa valeur minimale dans le cas d'une autarcie intégrale des pôles vis-à-vis de la structure. En effet, les structures autarciques sont caractérisées par l'absence de toute liaison entre les pôles sources de perturbation. Lorsque les pôles sont isolés, les perturbations se limitent alors aux pôles concernés par l'importation de ressources. Il n'y a donc pas de diffusion des perturbations au sein de la structure, qui reste imperméable aux influences extérieures.

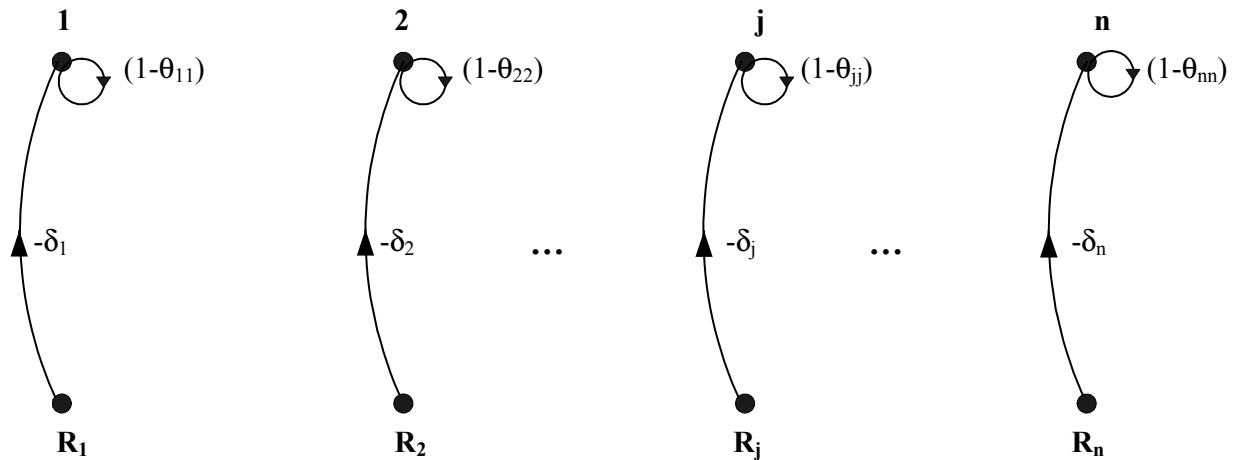
4.1.2/ Le cas d'une structure autarcique

De manière générale, le graphe d'influence d'une structure autarcique n -polaire est donné par le système d'équations suivant :

$$\begin{cases} X_1 = \theta_{11} X_1 + \delta_1 X_1 \\ \vdots \\ X_j = \theta_{jj} X_j + \delta_j X_j \\ \vdots \\ X_n = \theta_{nn} X_n + \delta_n X_n \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \delta_1 = 1 - \theta_{11} \\ \vdots \\ \delta_j = 1 - \theta_{jj} \\ \vdots \\ \delta_n = 1 - \theta_{nn} \end{cases} \quad (27)$$

²⁹ L'énoncé du théorème et sa démonstration sont dans Lantner (1974, p. 85-88) ainsi qu'un exemple.

Graphe n°6



L'interprétation économique du théorème de l'induction-produit peut être énoncée de la façon suivante : lorsque des informations additionnelles sont envoyées dans un pôle de l'organisation et qu'elles sont intégralement auto-consommées (ou stockées) par ce même pôle (elles ne se diffusent pas à l'intérieur de l'organisation) alors la répercussion du choc informationnel initial sur les autres entités de l'organisation est minimale. Les influences extérieures sont bloquées dans le pôle importateur et, aux exceptions polaires près, la structure est parfaitement imperméable.

4.2/ Le rôle des circularités dans la diffusion globale de l'influence

Lantner (1972, 1974) explique les lois de la diffusion globale des perturbations dans la structure en prenant l'exemple d'un voyageur. La structure est assimilée à un réseau de transport et l'influence d'une perturbation extérieure à un voyageur pressé, dont le point de départ serait le pôle d'offre d'informations extérieures R_i . Le cheminement de l'influence est associé au parcours effectué par le voyageur dans le réseau de transport. Les probabilités de passage d'une station à une autre sont données par les coefficients θ_{ij} qui valuent les arcs. La diffusion globale dans la structure est donc élevée si le voyageur atteint rapidement le plus grand nombre de stations, c'est-à-dire si l'offre d'informations extérieures se propage rapidement et fortement dans l'ensemble de la structure. Dans le cas trivial d'une structure autarcique, la diffusion est minimale puisque le voyageur qui s'engage sur le chemin (R_i, i) n'a comme seule destination possible que la station i .

Dans le cas d'une structure non autarcique, une question d'ordre plus générale concerne l'effet des circularités sur le cheminement de l'influence à travers la structure.

4.2.1/ Circularités partielles et amortissement de l'influence

Dans la mesure où le déterminant est une fonction croissante de la diffusion globale de l'influence au sein de la structure, on peut s'attendre à ce que l'effet de bouclage engendré par un circuit non hamiltonien³⁰ (une circularité partielle) perturbe la diffusion de l'influence et réduise la valeur du déterminant. Le déterminant serait donc une fonction décroissante des circularités partielles. C'est ce qu'établit un autre théorème de la théorie des graphes d'influence, le théorème de l'amortissement dû aux circularités partielles qui s'énonce comme suit³¹:

« Dans le calcul du déterminant Δ , toute circularité partielle entre en compte négativement : elle intervient par la valeur absolue du produit des coefficients de ses arcs affectée d'un facteur qui est toujours négatif ».

La démonstration peut être menée en partant de l'équation (21) définissant le déterminant dans laquelle on essaie d'identifier le rôle d'un circuit particulier noté C_i et constitué de k_i pôles du circuit. Soit l'arc $-\theta_{ij} \in C_i$. Les graphes partiels hamiltoniens qui sont constitués du circuit C_i , contiennent par définition l'arc $-\theta_{ij}$ et comme ces GPH sont formés de boucles et de circuits disjoints, ils ne peuvent contenir aucun des autres arcs partant du pôle i ³².

Parmi les GPH contenant le circuit C_i , effectuer la somme $D = \sum_h (-1)^{b_h + c_h} \Pi_h$ (équation 20)

revient à :

– calculer le gain du circuit C_i . Puisque le circuit C_i contient k_i arcs valués négativement, ce gain sera du signe de $(-1)^{k_i}$,

– à l'affecter du signe $(-1)^1$, relatif à l'existence du circuit C_i que l'on va associer aux GPH constitués des $(n - k_i)$ pôles restants ;

³⁰ Un circuit non hamiltonien est un circuit qui ne passe pas par l'ensemble des sommets du graphe associé à la structure.

³¹ Pour la démonstration du théorème et une application, cf. Lantner (1974, p. 102-105).

³² Ce sont les arcs que l'on appelle « incidents au pôle i ».

– à multiplier la valeur algébrique de ce gain par $\sum_m (-1)^{b_m+c_m} \Pi_m$, où Π_m est le produit des gains des boucles et des circuits du $m^{ième}$ GPH du graphe constitué des $(n - k_i)$ pôles restants.

Le déterminant de la sous-structure constituée des $(n - k_i)$ pôles restants s'écrit :

$$\Delta_{i, n-k_i} = (-1)^{n-k_i} \sum_m (-1)^{b_m+c_m} \Pi_m$$

et d'après le théorème de l'induction-produit : $\Delta_{i, n-k_i} \geq 0$.

On peut donc dire que $\sum_m (-1)^{b_m+c_m} \Pi_m$ est du signe de $(-1)^{n-k_i}$. Il en résulte que

$$D = \sum_h (-1)^{b_h+c_h} \Pi_h \text{ est du signe de } (-1)^{k_i} (-1)^1 (-1)^{n-k_i} = (-1)^{n+1}.$$

Comme $\Delta = (-1)^n D$, on peut conclure que le circuit C_i interviendra avec le signe de $(-1)^n (-1)^{b+1} = -1$ puisque $(2n + 1)$ est de signe impair. Le théorème est également valide pour les circuits hamiltoniens.

En conclusion, toute circularité partielle vient diminuer la valeur du déterminant, c'est-à-dire réduire la diffusion de l'influence dans la structure. « L'effet de bouclage engendré par un circuit [vient] perturber [la diffusion globale] en aiguillant l'influence sur un nombre limité de pôles : pressé, notre voyageur n'aime pas tourner en rond ! »³³.

4.2.2/ Effet de bouclage dû aux autarcies polaires

Si l'on considère qu'une boucle n'est jamais autre chose qu'un circuit de type particulier constitué d'un seul pôle et d'un seul arc, tout effet de bouclage dû aux autarcies polaires devrait également diminuer la valeur du déterminant et perturber la diffusion de l'influence directe dans la structure. La démonstration de cette intuition est donnée par le théorème de bouclage dû aux autarcies polaires qui s'énonce comme suit :

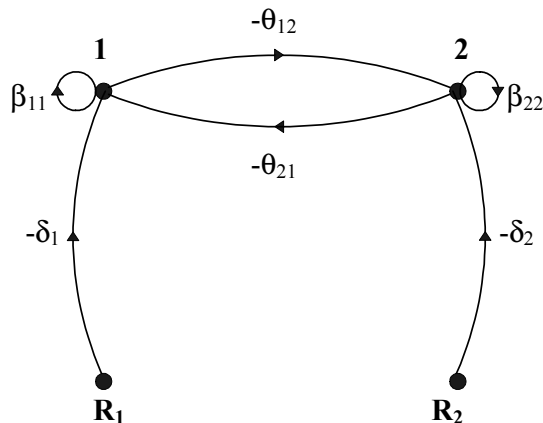
« Le déterminant Δ d'une structure d'échanges économiques est une fonction décroissante de l'autarcie des pôles »³⁴.

³³ Lantner (1972, p. 235).

³⁴ Lantner (1974, p. 106). Pour la démonstration du théorème, le lecteur pourra se reporter à Lantner (1974, pp. 105-108).

Comme illustration de ce théorème, on va considérer une structure d'échange bipolaire associé au graphe suivant :

Graphe n°7



En notant les valuations de chaque boucle : $(1-\theta_{ii}) = \beta_{ii}$

Le déterminant de cette structure est donné par :

$$\Delta = \begin{vmatrix} \beta_{11} & -\theta_{12} \\ -\theta_{21} & \beta_{22} \end{vmatrix} \Leftrightarrow \Delta = \beta_{11}\beta_{22} - \theta_{21}\theta_{12}$$

Supposons que les autofournitures du pôle 1 augmentent de $\varepsilon > 0$ de l'autarcie du pôle 1 au détriment de son pôle-fournisseur 2. Le nouveau déterminant s'écrit alors :

$$\Delta' = \begin{vmatrix} \beta_{11} - \varepsilon & -\theta_{12} \\ -\theta_{21} + \varepsilon & \beta_{22} \end{vmatrix}$$

$$\Leftrightarrow \Delta' = (\beta_{11} - \varepsilon)\beta_{22} - (\theta_{21} + \varepsilon)\theta_{12}$$

$$\Leftrightarrow \Delta' = \beta_{11}\beta_{22} - \varepsilon\beta_{22} - \theta_{21}\theta_{12} - \varepsilon\theta_{12} = \Delta - \varepsilon(\beta_{22} + \theta_{12})$$

$$\varepsilon(\beta_{22} + \theta_{12}) > 0 \Rightarrow \Delta < \Delta'.$$

Toute autarcie polaire vient donc diminuer la valeur du déterminant associé à la structure. Conformément à l'intuition, les boucles entravent la diffusion de l'influence à travers la structure à l'instar des circularités partielles.

4.2.3/ Diffusion de l'influence dans une sous-structure

L'identification du rôle des circularités partielles et des boucles dans la diffusion globale de l'influence à travers une structure nous amène à nous interroger sur les modifications de la qualité de la diffusion (mesurée par le déterminant) au fur et à mesure que l'on change de niveau de décomposition structurale. Ici encore, l'idée intuitive selon laquelle la diffusion de l'influence (de l'information) serait plus grande dans une partie de la structure (sous-structure) que dans la structure toute entière³⁵ est validée par un théorème, appelé « théorème d'amortissement cumulatif » qui s'énonce comme suit :

« Le déterminant Δ relatif à l'ensemble d'une structure est inférieur ou égal à tout déterminant relatif à une sous-structure de cette structure »³⁶.

Pour comprendre le raisonnement, partons d'une structure quelconque et de son déterminant Δ . Si on y ajoute un pôle supplémentaire affecté de l'indice 1 et que l'on développe le nouveau déterminant Δ' par rapport à la première ligne, on obtient :

$$\Delta' = (1 - \theta_{11}) A_{11} + \sum_{j=2}^n -\theta_{1j} A_{1j}$$

avec $A_{11} = \Delta$, le cofacteur du terme $(1 - \theta_{11})$.

D'après le corollaire du théorème de l'amortissement dû aux circularités partielles :

$$-\theta_{1j} A_{1j} \leq 0 \Rightarrow \sum_{j=2}^n -\theta_{1j} A_{1j} \leq 0.$$

On en déduit que $(1 - \theta_{11})\Delta \geq \Delta'$.

Par ailleurs, comme $(1 - \theta_{11}) \leq 1$, on peut écrire $(1 - \theta_{11})\Delta \leq \Delta$.

Les deux propriétés précédentes nous permettent de conclure que $\Delta' \leq \Delta$.

Ce théorème est un des résultats fondamentaux de la théorie des graphes d'influence parce qu'il énonce qu'en admettant le déterminant comme un indicateur de la diffusion globale de l'influence dans une structure, toute agrégation de pôle supplémentaire à la structure initiale

³⁵ Pour reprendre la métaphore du voyageur, selon Lantner (1972, p. 236) : « l'addition de nouveaux pôles devrait aboutir à un amortissement cumulatif de l'influence initiale dont la diffusion serait entravée par des blocages supplémentaires : en d'autres termes, la tâche de notre voyageur, vecteur d'influence ayant pour mission d'atteindre toutes les stations, ne saurait être simplifiée par la multiplication de ces dernières ».

³⁶ Lantner (1974, p. 109).

aura potentiellement pour effet d'entraver la diffusion de l'influence à travers cette structure. Compte tenu de ce qui a été dit plus haut, ceci n'est valable que si l'adjonction d'un pôle s'accompagne de boucles et/ou circularités partielles supplémentaires.

A contrario, il n'y aura pas d'amortissement de la transmission de l'influence associé au pôle supplémentaire si et seulement si :

- ce nouveau pôle n'est pas autoconsommateur ($\theta_{11} = 0$), ce qui se traduit par l'absence de boucle ;
- ce pôle n'ajoute aucune circularité à celles déjà existantes, c'est-à-dire si

$$\sum_{j=2}^n -\theta_{1j} A_{1j} = 0 \Leftrightarrow \theta_{1j} = 0 \text{ ou } A_{1j} = 0.$$

4.3/ Les structures circulaires et la diffusion maximale de l'influence

Contrairement aux circularités partielles qui correspondent à des circuits non hamiltoniens, les circularités globales concernent des circuits transitant par l'intégralité des pôles de la structure. Comme les premières, elles « parasitent » la diffusion de l'influence dans la structure mais la perturbation qu'elles introduisent est de nature différente : alors que les circularités partielles bloquent le cheminement de l'influence au sein de la structure, les circularités globales génèrent des courts-circuits qui vont diminuer également la valeur du déterminant.

4.3.1/ L'impact des circularités globales : le théorème du court circuit

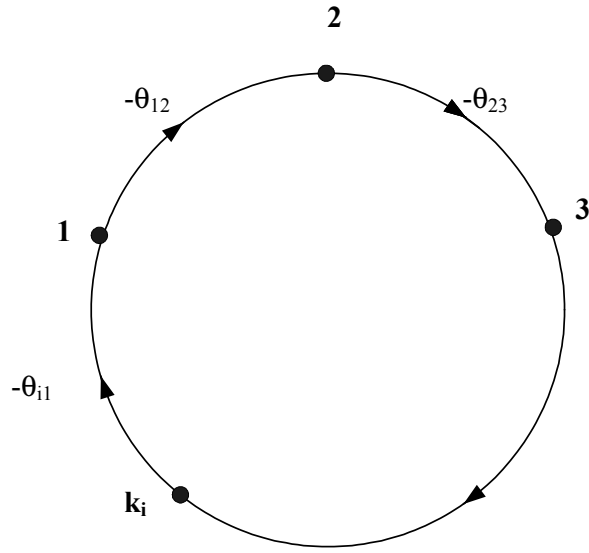
Le théorème du court-circuit s'énonce comme suit :

« Tout court-circuit fait diminuer la valeur du déterminant »³⁷.

A titre d'illustration, on considère un circuit C_i de longueur k_i représenté sur le graphe n°8 :

³⁷ Lantner (1974, p. 115).

Graphe n°8



Ce circuit intervient dans la valeur du déterminant Δ de la structure à laquelle il appartient par l'expression :

$$-x = -C_i \cdot \Delta_{i,(n-k_i)}$$

avec C_i est la valeur absolue du gain du circuit et $\Delta_{i,(n-k_i)}$ est le déterminant de la sous-structure composée des $(n - k_i)$ pôles restants.

La valeur absolue du produit des coefficients valuant les arcs du circuit est donnée par :

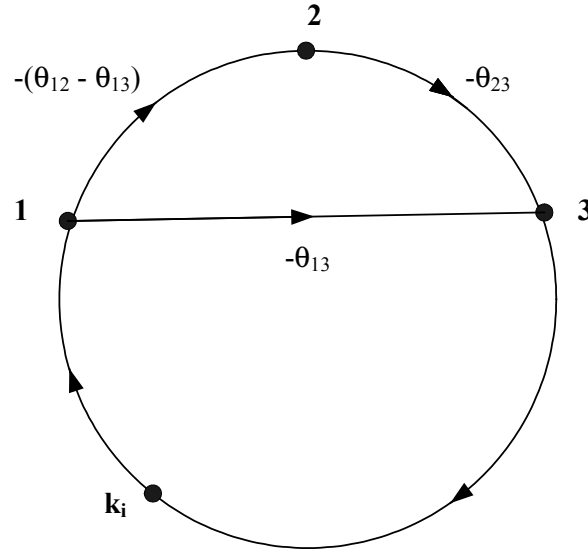
$$C_i = K \theta_{12} \theta_{23}$$

avec K la valeur absolue du produit des coefficients des $(k_i - 2)$ arcs.

Finalement, on peut donc écrire : $x = K \theta_{12} \theta_{23} \Delta_{i,(n-k_i)}$

Sur la situation représentée par le graphe n°8, le pôle 1 n'est fournisseur indirect du pôle 3 que par l'intermédiaire du pôle 2. Supposons que le pôle 1 devienne fournisseur direct du pôle 3. Cette nouvelle relation entre 1 et 3 va faire office de court circuit au détriment du pôle 2 et on obtient un nouveau graphe :

Graphe n°9



Dans le développement du déterminant apparaissent donc maintenant non seulement un circuit long qui transite par le pôle 2 mais également un circuit court. La contribution du circuit long C_i dans la valeur du déterminant est donnée par :

$$-x' = -K (\theta_{12} - \theta_{13}) \theta_{23} \Delta_{i,(n-k_i)} .$$

Celle du circuit court C_j , de longueur $(k_i - 1)$, est donnée par :

$$-y' = -K \theta_{13} \Delta_{j,(n-k_i+1)}$$

La réduction totale de la valeur du déterminant consécutive à l'introduction de l'arc $[-\theta_{13}]$ qui court-circuite le circuit long C_i est donc $(x' + y') \geq x$.

4.3.2/ Structures circulaires et déterminant maximum

Une fois que l'on a identifié le rôle négatif (mesuré par la baisse du déterminant) des circularités globales dans la diffusion de l'influence, une autre question concerne la magnitude des effets respectifs des circularités globales et partielles

A ce sujet, le corollaire du théorème du court-circuit énonce alors que « les circularités partielles entravent plus la diffusion directe que les circularités globales »³⁸.

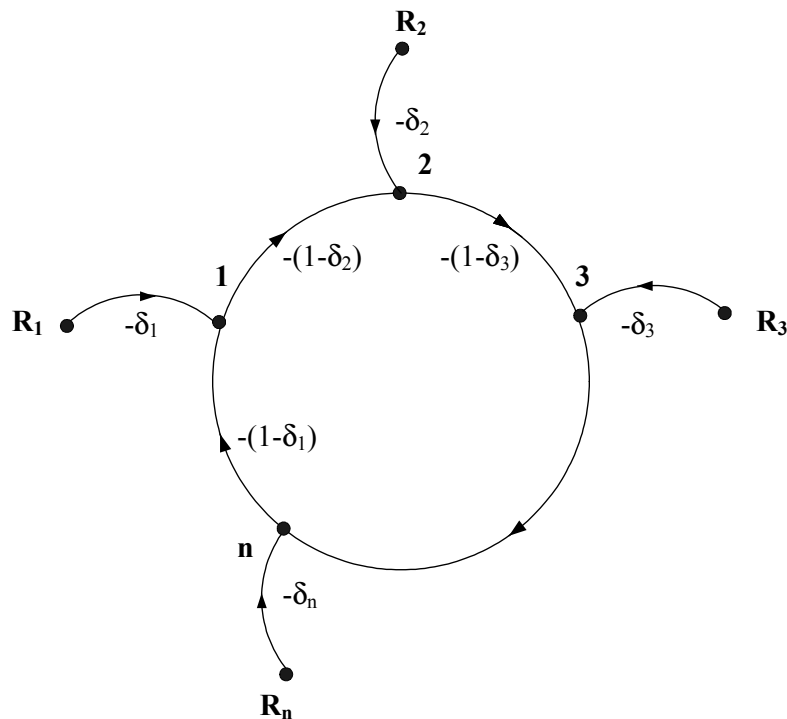
Cela nous permet de distinguer plusieurs niveaux de performance en termes de diffusion en fonction de la nature des circularités de chaque sous-structure identifiée par une décomposition structurale. S'il existe plusieurs qualités de diffusion en fonction des

³⁸ Lantner (1974, p. 117).

configurations, on est en droit de se demander quelle est la configuration correspondant au déterminant maximum c'est-à-dire à la diffusion maximale dans la structure

Afin d'illustrer ce point, soit une structure n-polaire réduite à un circuit hamiltonien unique, sans autarcies polaires (dont on sait qu'elles diminuent la diffusion), représenté par la figure suivante :

Graphe n°10



Dans cette configuration, chaque pôle j est approvisionné par deux sources distinctes³⁹ :

- le pôle qui le précède (son antécédent) en proportion θ_{ij} ($\theta_{ij} = 0$ pour tout $j \neq i+1$)
- l'extérieur en proportion δ_j de son output final

Par exemple, la proportion des ressources que le pôle 3 reçoit du pôle 2 est : $\theta_{23} = (1 - \delta_3)$.

³⁹ Ainsi, la production X_j de chaque pôle (dominance par l'offre, on raisonne en colonnes) est définie par : $X_j = x_{ij} + R_j$, avec $x_{ij} = 0$ pour tout $i \neq j - 1$. Si on veut faire apparaître les coefficients techniques, il suffit de diviser l'expression par X_j et il vient : $1 = \theta_{ij} + \delta_j \Leftrightarrow \theta_{ij} = 1 - \delta_j$.

Appelons Δ^* le déterminant de cette structure⁴⁰ :

$$\Delta^* = \begin{vmatrix} 1 & -(1-\delta_2) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & -(1-\delta_3) & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -(1-\delta_j) & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -(1-\delta_1) & 0 & \dots & \dots & 1 \end{vmatrix}$$

Si on développe ce déterminant par rapport à la première colonne on obtient l'expression suivante :

$$\Delta^* = 1.A_{11} - (1-\delta_1) A_{n1} = 1.1.A_{22} - (1-\delta_1) A_{n1} = 1^n - (1-\delta_1) A_{n1} = 1 - (1-\delta_1) A_{n1}$$

Par ailleurs, $A_{n1} = (1-\delta_2) A_{12} \Rightarrow \Delta^* = 1 - (1-\delta_1) (1-\delta_2) A_{12}$

En développant successivement les cofacteurs on obtient finalement :

$$\Delta^* = 1 - \prod_{j=1}^n (1-\delta_j)$$

A partir de la situation décrite par le graphe de la page précédente, introduisons une réduction infinitésimale $\varepsilon_{i,i+1}$ de la part des approvisionnements du pôle i au pôle $i+1$. Dans la mesure où, par hypothèse, la proportion de ressources importée de l'extérieur de la structure (δ_i) est supposée constante, cette réduction des approvisionnements se fait au bénéfice d'un ou plusieurs autres pôles de la structure⁴¹. Les valeurs ε_{ij} vérifient donc l'équation :

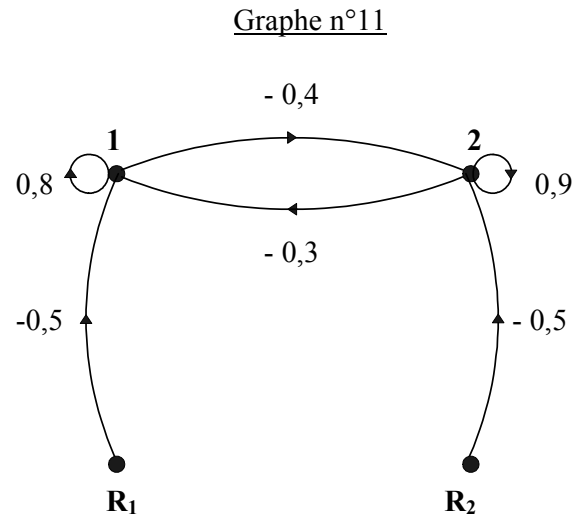
$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i+1}}^n \varepsilon_{ij} = \varepsilon_{i,i+1}$$

L'introduction de nouvelles relations d'approvisionnement entre pôles correspond graphiquement à de nouveaux arcs qui engendrent des courts-circuits de la circularité globale. Comme on l'a vu au paragraphe précédent, cela va réduire la valeur de l'indicateur de diffusion de l'influence dans la structure : le déterminant.

⁴⁰ Le raisonnement aboutissant à cette matrice est donné dans l'annexe 7. En bref, on part de l'expression du système en termes de coefficients techniques (dans le cadre de la dominance par l'offre, cela correspond au graphe d'influence relative).

⁴¹ La propriété de base est définie par l'équation suivante : $1 = \theta_{ij} + \delta_j$. Une variation de θ_{ij} ne peut pas être compensée par les autres termes, ce qui signifie qu'il va falloir créer des arcs supplémentaires à celui existant initialement entre un pôle et son antécédent.

Cette analyse du déterminant établit le déterminant d'une structure circulaire comme un majorant des autres déterminants que l'on peut être amené à calculer. L'exemple d'une structure circulaire bipolaire ci-dessous est une autre illustration plus concrète :



Chaque pôle importe la moitié de ses ressources de l'extérieur de la structure⁴².

Le déterminant de cette structure est égal à :

$$\Delta = \begin{vmatrix} 0,8 & -0,4 \\ -0,3 & 0,9 \end{vmatrix} = 0,60$$

Pour retrouver une structure circulaire au sens strict, c'est-à-dire la structure à un seul circuit hamiltonien considérée comme la plus « diffusante », il suffit de supprimer les autofournitures (autarcies) polaires⁴³. Dans ce cas la valeur du déterminant est :

$$\Delta' = \begin{vmatrix} 1 & -0,5 \\ -0,5 & 1 \end{vmatrix} = 0,75$$

La valeur $\Delta^* = 1 - \prod_{j=1}^2 (1 - \delta_j) = 1 - (1 - 0,5)(1 - 0,5) = 0,75$ est donc bien le déterminant

maximum étant données les valeurs δ_1 et δ_2 ⁴⁴.

⁴² Rappel : $\delta_1 = 1 - \theta_{11} - \theta_{21}$ et $\delta_2 = 1 - \theta_{12} - \theta_{22}$.

⁴³ Cela ne peut se faire que si chacun des pôles augmente ses fournitures à l'autre du montant respectif de l'autofourniture initiale afin de conserver les égalités comptables décrites par les équations d'échange.

⁴⁴ Nous rappelons que le déterminant minimum est obtenu dans la cas d'autarcie intégrale des pôles (cf. le paragraphe 4.1.1/ concernant le théorème de l'induction produit) c'est-à-dire pour $\delta_1 = 1 - \theta_{11}$ et $\delta_2 = 1 - \theta_{22}$. Dans notre exemple, il serait égal à $\Delta_{\min} = 0,25$.

L'analyse des deux grands types de circularité conduit finalement à deux grands types de résultats. Tout d'abord, la circularité dans une structure amortit la diffusion de l'influence entre les pôles de cette structure, et ceci quelle que soit sa nature. Du point de vue de l'analyse structurale, on a ainsi étudié comment la circularité entre en compte négativement dans le développement du déterminant.

Ensuite, au-delà de cette propriété générale, il demeure primordial d'opérer une distinction claire entre les circularités partielles et les circularités globales parce qu'elles se différencient par le degré auquel elles affectent respectivement le déterminant. En effet, les circularités globales correspondent à des courts-circuits dans la transmission de l'influence, et à ce titre elles la perturbent, mais leur effet est moins pénalisant que celui des effets de bouclage générés par les circularités partielles. Leur différence de nature s'exprime finalement assez bien dans l'opposition entre les deux cas extrêmes⁴⁵ de configuration structurale que sont d'une part la structure circulaire au sens strict, correspondant au déterminant maximum que l'on peut obtenir, et la structure autarcique à laquelle correspond le déterminant minimum.

Nous allons pour terminer cette section nous intéresser à une dernière famille de structure qui définit un agencement particulier des relations entre pôles : les structures triangulaires.

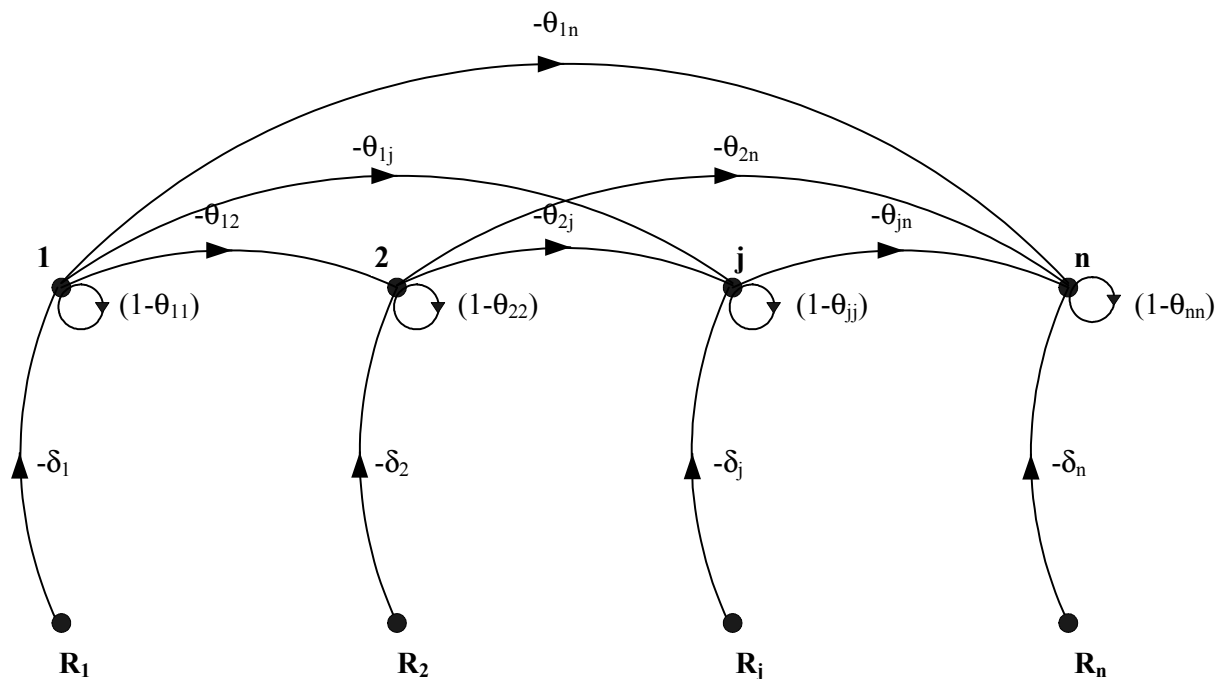
4.4/ Les structures triangulaires et l'absence totale de circularité

Une structure triangulaire est définie par un agencement des relations entre les pôles dans lequel tous les flux circulent dans le même sens vers un pôle unique. La conséquence remarquable de cette caractéristique est l'absence de circuit. L'orientation univoque des flux entre les pôles détermine un ordre immuable de transmission des chocs externes. Ainsi, une perturbation au pôle i se transmettra aux pôles de rang supérieur (dans l'ordre des entiers naturels) mais n'affectera jamais les pôles de rang inférieur. Compte tenu des développements précédents concernant le rôle des circularités dans la transmission de l'influence, on pourrait s'attendre à ce que la performance des structures triangulaires dans la transmission de l'influence soit excellente (voire maximale). L'analyse du déterminant associé à la structure triangulaire va nous permettre de préciser à quelle condition cette intuition est vérifiée.

⁴⁵ Si le critère discriminant est la valeur du déterminant.

Par définition, dans une structure triangulaire, tous les arcs sont orientés dans le même sens et vers un pôle destination unique. Le graphe d'une structure triangulaire n-polaire est donc de la forme suivante :

Graphe n°12



Le déterminant associé à une structure de cette nature est le suivant :

$$\Delta = \begin{vmatrix} (1 - \theta_{11}) & \cdots & -\theta_{1j} & \cdots & -\theta_{1n} \\ 0 & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & (1 - \theta_{jj}) & \vdots & -\theta_{jn} \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (1 - \theta_{nn}) \end{vmatrix}$$

En reprenant la démarche habituelle, le développement de Δ par rapport à la première colonne donne :

$$\Delta = (1 - \theta_{11}) A_{11} = (1 - \theta_{11})(1 - \theta_{22}) A_{22}$$

En développant successivement les cofacteurs de l'équation on aboutit à une nouvelle expression du déterminant :

$$\Delta = \prod_{j=1}^n (1 - \theta_{jj})$$

On retrouve ici une propriété générale des matrices triangulaires, à savoir leur déterminant est défini par le produit des termes diagonaux. Compte tenu de la forme des matrices associées aux systèmes input-output, on sait que la valeur du déterminant d'une structure triangulaire va être comprise entre zéro (autarcie stricte pour au moins un pôle) et l'unité (cas d'absence d'autarcie pour tous les pôles: $\theta_{jj} = 0 \forall j$)⁴⁶.

Ainsi, la diffusion de l'influence dans les structures triangulaires va être maximale lorsqu'elles n'exhibent aucune autarcie polaire. Cette propriété est cependant limitée au cas où c'est le pôle 1 qui reçoit la perturbation extérieure. A cause du sens univoque des flux entre les pôles de la structure, plus le pôle qui subit le choc externe est proche du pôle terminal (n), moins la diffusion de ce choc dans la structure va être satisfaisante. Ainsi, contrairement à l'intuition, les structures triangulaires n'assurent pas systématiquement la meilleure diffusion de l'influence.

Conclusion de la section 4

Dans cette section, nous avons présenté et identifié les mécanismes (mécaniques) par lesquels les circularités amortissent le degré de diffusion de l'influence au sein des structures. Cette analyse nous a permis de mettre en évidence les effets différenciés des circularités selon qu'elles sont globales ou partielles.

Finalement, les diverses décompositions structurales qui ont été menées aboutissent à l'identification de trois familles de structures qui se distinguent par leur degré de performance en termes de diffusion. Tout d'abord, dans les structures parfaitement autarciques, l'impact des chocs exogènes est confiné au seul pôle importateur, ce qui confère à ce type de structure une imperméabilité totale de chacun des pôles aux perturbations subies par les autres. La transmission de l'information s'améliore au fur et à mesure que les effets de bouclage associés aux circularités partielles s'atténuent. Ensuite, dans les structures parfaitement circulaires (le cas du circuit hamiltonien unique), les influences extérieures se diffusent relativement mieux que dans d'autres configurations malgré l'amortissement produit par le jeu des circularités. Enfin, dans les structures triangulaires, les effets potentiellement positifs

⁴⁶ En remarquant que le pôle 1 est approvisionné exclusivement par l'extérieur de la structure et par lui-même, $\delta_1 = (1 - \theta_{11})$. Le déterminant se réécrit donc $\Delta = \delta_1 \prod_{j=2}^n \theta_{jj}$, ce qui pose problème selon Lantner (1974, p. 119) pour en faire un majorant de tous les déterminants possibles.

liés à l'absence de circularité ne compensent pas les effets négatifs liés à l'orientation univoque des flux lorsque les chocs externes concernent d'autres pôle que le premier. C'est en effet dans le seul cas où les chocs concernent le premier pôle que la diffusion de l'influence à travers la structure est maximum.

Section 5 : Cheminement de l'influence dans une structure au niveau local

La démarche analytique de décomposition structurale ne saurait se contenter d'une étude des propriétés globales des structures dans la mesure où celles-ci sont le fruit de l'articulation des relations entre les pôles à un niveau désagrégré. L'examen des relations binaires n'est pas trivial dans la mesure où l'influence transmise d'un pôle j à un pôle k est souvent portée par des chemins divers et s'accompagne d'effets de circuits dont les avantages et inconvénients ont été décrits précédemment mais au niveau global. Dans cette section, nous voulons donc prolonger l'étude de la circularité par une investigation de ses effets au niveau local.

5.1/ Influence directe portée par un arc

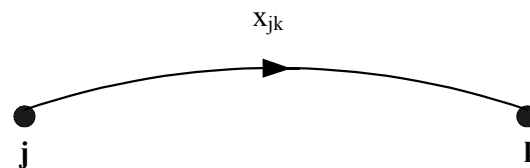
On va considérer une relation entre deux pôles j et k avec :

X_j : le montant des ressources totales de j

X_k : le montant des ressources totales de k

x_{jk} : la valeur du flux transmis de j à k

La représentation graphique des flux physiques entre j et k est la suivante :



Une augmentation ΔR_j de l'offre extérieure de ressources vers le pôle j génère mécaniquement une augmentation ΔX_j des ressources totales de j qui produit elle-même une hausse proportionnelle des fournitures de j à k ⁴⁷ qui va être égale à :

⁴⁷ Nous rappelons ici l'hypothèse de proportionnalité des outputs aux inputs dans le cadre d'une analyse input-output avec dominance par l'offre.

$$\Delta x_{jk} = \frac{x_{jk}}{X_j} \Delta X_j = \alpha_{jk} \Delta X_j \quad (28)$$

avec α_{jk} le coefficient de débouché (la part représentée par les fournitures à k en proportion de la production de j).

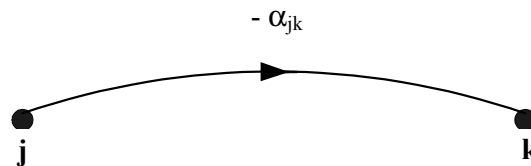
L'augmentation Δx_{jk} des fournitures de j correspond de manière symétrique à une augmentation des ressources productives de k notée ΔX_k . On a donc :

$$\Delta X_k = \Delta x_{jk} = \alpha_{jk} \Delta X_j \quad (29)$$

Le tableau ci-dessous donne une représentation de la dynamique de transmission de l'impulsion initiale dans la structure dans le cadre de la relation binaire entre j et k⁴⁸ :

pôles	j	k	E	X
j	0	Δx_{jk}	0	ΔX_j
k	0	0	ΔE_k	ΔX_k
R	ΔR_j	0		
X	ΔX_j	ΔX_k		

Dans le cas où la variation de ressources ΔX_j provient uniquement de sources extérieures à la structure ($\Delta X_j = \Delta R_j$), l'influence absolue de j sur k est mesurée par le coefficient de débouché⁴⁹ α_{jk} et le graphe d'influence absolue représentatif de la relation entre j et k est le suivant :



Si on s'intéresse non plus aux variations absolues de X_k générées par les variations de X_j mais aux variations relatives $\Delta X_k/X_k$ induites par $\Delta X_j/X_j$, en partant de l'équation (29) il vient :

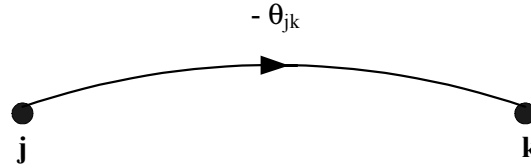
$$\Delta X_k = \alpha_{jk} \Delta X_j = x_{jk} \frac{\Delta X_j}{X_j} \Leftrightarrow \frac{\Delta X_k}{X_k} = \frac{x_{jk}}{X_k} \frac{\Delta X_j}{X_j}$$

⁴⁸ On suppose ici implicitement que la relation est univoque, à savoir $x_{kj} = 0$.

⁴⁹ Nous rappelons que dans une approche en demande dominante, ce serait le coefficient technique.

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta X_k}{X_k} = \theta_{jk} \frac{\Delta X_j}{X_j} \quad (30)$$

Le coefficient technique mesure l'influence relative⁵⁰ portée par l'arc (j,k) et le graphe d'influence relative est :



5.2/ Influence directe portée par un chemin

Lorsque le cheminement de l'influence implique plus de deux pôles, la séquence de variations induites par une augmentation des ressources extérieures vers le pôle j est une suite de relations binaires (univoques) qui se termine au pôle terminal.

Imaginons ainsi une structure dans laquelle le pôle j fournit le pôle k, qui fournit le pôle l, qui fournit finalement le pôle n. Les relations univoques entre tous ces pôles définissent un chemin (j, k, l, n) et on peut représenter l'enchaînement des variations induites par le choc initial dans le tableau suivant :

pôles	j	k	l	n	E	X
j	0	Δx_{jk}	0	0	0	ΔX_j
k	0	0	Δx_{kl}	0	0	ΔX_k
l	0	0	0	Δx_{ln}	0	ΔX_l
n	0	0	0	0	ΔE_n	ΔX_n
R	ΔR_j	0	0	0	0	
X	ΔX_j	ΔX_k	ΔX_l	ΔX_n		

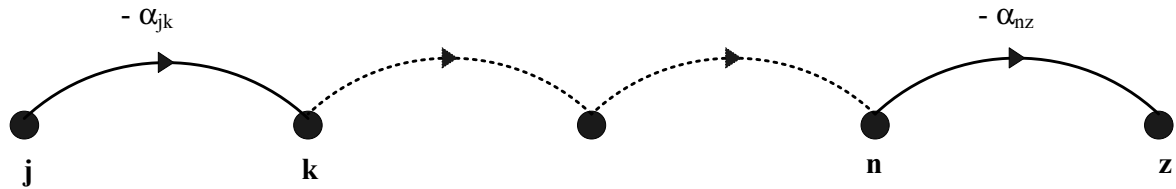
L'effet final sur le pôle n va être une combinaison des effets successifs :

$$\Delta X_n = \Delta x_{jk} \Delta x_{kl} \Delta x_{ln} \Delta X_j = \alpha_{jk} \alpha_{kl} \alpha_{ln} \Delta X_j$$

⁵⁰ Dans une approche en demande dominante, ce serait le coefficient de débouchés.

Dans le cas général, l'influence absolue directe transmise directement par un chemin (j, k, ..., n, z) du pôle j au pôle z est mesurée par le produit des valeurs absolues des coefficients de débouchés qui valuent les arcs du chemin dans le graphe d'influence absolue⁵¹ représenté ci-dessous :

Graphe n°13



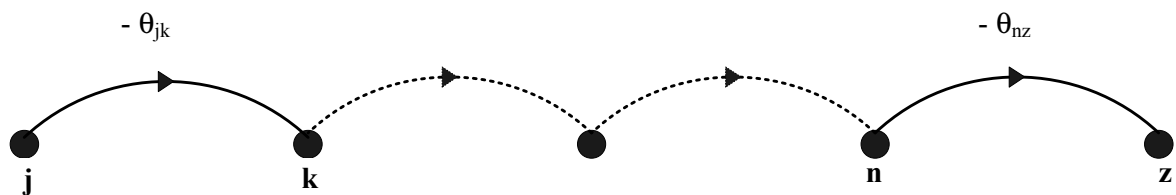
On note i_C^D cette influence directe portée par le chemin $C = (j, k, \dots, n, z)$

Dans la structure de notre exemple, si l'on souhaite exprimer l'effet du choc initial en termes de variations relatives, une transformation analogue à celle menée dans le cas du cas binaire conduit à l'expression suivante :

$$\frac{\Delta X_n}{X_n} = \theta_{jk} \theta_{kl} \theta_{ln} \frac{\Delta X_j}{X_j}$$

Dans le cas général, l'influence relative transmise directement par un chemin (j, k, ..., n, z) du pôle j au pôle z est mesurée par le produit des valeurs absolues des coefficients techniques qui valuent les arcs du chemin dans le graphe d'influence relative⁵² représenté ci-dessous :

Graphe n°14



⁵¹ Lantner (1974, p. 135).

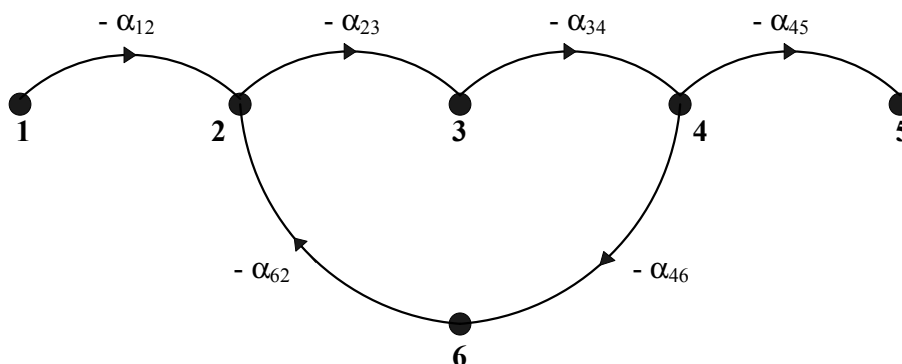
⁵² Lantner (1974, p. 135).

5.3/ Effets de circuit et amplification de l'influence

La question qui nous préoccupe ici est celle de l'effet des circularités sur l'influence directe d'un pôle subissant une perturbation.

Pour illustrer l'analyse du rôle des circularités, considérons une structure à 6 pôles et le graphe d'influence absolue qui lui est associé :

Graphe n°15



Dans ce graphe d'influence absolue, l'influence directe portée par le chemin $C = (1, 2, 3, 4, 5)$ est égale à :

$$i_C^D = \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{34} \alpha_{45}$$

Elle n'est pas égale à l'influence totale portée par le chemin dans la mesure où l'influence reçue par le pôle 4 est en partie redirigée d'abord vers le pôle 6, ensuite vers le pôle 2, puis à nouveau vers le pôle 4 par le truchement du pôle 3. Finalement, l'influence totale portée par le chemin C , notée i_C^T est égale à⁵³ :

$$i_C^T = \frac{1}{1-g} i_C^D \quad (31)$$

avec g la valeur absolue du gain du circuit adjacent au chemin C : $g = \alpha_{46} \alpha_{62} \alpha_{23} \alpha_{34}$

Ainsi, le circuit adjacent au chemin C joue un rôle d'amplificateur de l'influence portée par ce chemin, mesuré par le « multiplicateur d'influence » $(1/1 - g)$. D'une manière générale, le degré d'amplification de l'influence des circularités est d'autant plus élevé que leur gain est important⁵⁴.

⁵³ Lantner (1974, p. 136).

⁵⁴ Dans le cas de circularités partielles (autofournitures), le gain du circuit est simplement le coefficient θ_{jj} .

La distinction entre influence directe et influence totale et l'identification du mécanisme d'amplification nous amène finalement à un théorème général dit « théorème de l'influence » dont l'énoncé est le suivant⁵⁵ :

« L'influence globale d'un pôle-source (j) sur un pôle-test k, est acheminée par les chemins élémentaires $[C_m]$ issus de (j) et aboutissant en k. L'influence totale portée par un chemin $[C_m]$, compte tenu de toutes les répercussions dans la structure, est obtenue en effectuant le produit de l'influence directe qui y transite par le facteur d'amplification associé au chemin ; ce facteur d'amplification est le quotient du déterminant de la structure privée des pôles productifs du chemin $[C_m]$ par celui de la structure productive. L'influence globale du pôle (j) sur le pôle k est donnée par la somme des influences totales que transportent les chemins $[C_m]$ ».

Cette distinction permet d'identifier deux types de dominance :

- il y a dominance directe du pôle j sur le pôle k lorsque $i_{[j,k]}^D > i_{[k,j]}^D$
- il y a dominance globale de j sur k lorsque $i_{[j \rightarrow k]}^G > i_{[k \rightarrow j]}^G$

L'effet amplificateur des circularités au niveau local est surprenant si l'on considère le rôle contraire que jouent ces mêmes circularités à un niveau global. Une investigation plus fine de notre exemple va permettre de préciser le rôle exact joué par les circularités dans une structure d'interrelations..

5.4/ Effets des circularités et amortissement de l'influence

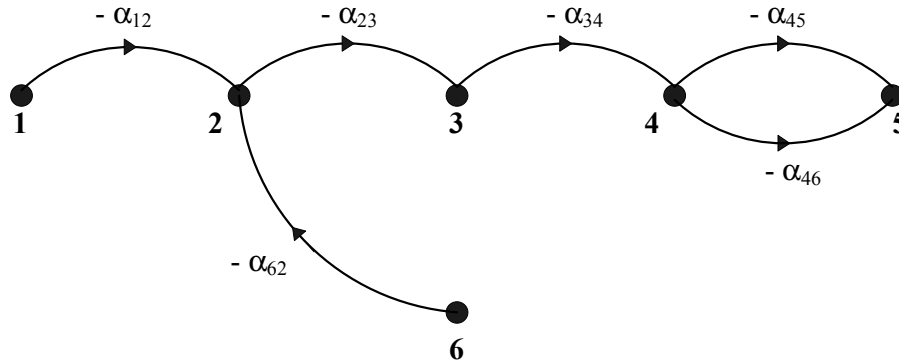
Une transformation simple du graphe n°15 va nous permettre de compléter et de moduler le résultat précédent sur le rôle d'amplification joué par les circuits.

Dans cette structure d'interrelations, imaginons que le pôle 4 cesse d'approvisionner le pôle 6 au profit exclusif du pôle 5 qui bénéficie donc d'un approvisionnement supplémentaire à l'approvisionnement initial.

⁵⁵ Lantner (1972, p. 274).

Le graphe d'influence absolue devient alors :

Graphe n°16



Cette fois-ci, l'absence de circuit correspond à l'absence d'amplification de l'influence directe portée par le chemin C qui est par conséquent égale à l'influence totale portée par ce chemin :

$$i_C^T = i_C^D = \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{34} (\alpha_{45} + \alpha_{46})$$

La comparaison des indicateurs d'influence directe correspondant respectivement au graphe avec circuit et au graphe sans circuit donne :

$$i_C^D = \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{34} (\alpha_{45} + \alpha_{46}) > i_C^D = \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{34} \alpha_{45}$$

La comparaison des indicateurs d'influence totale n'est pas immédiate. On va la mener en mettant en évidence la valuation (en valeur absolue) de l'arc qui a été déplacé, c'est-à-dire α_{46} .

Pour le graphe n°15, on a par définition :

$$i_C^T = \frac{1}{1-g} i_C^D$$

avec $g = \alpha_{46} (\alpha_{23} \alpha_{34} \alpha_{62})$

En réécrivant g sous la forme $g = \alpha_{46} \lambda$ et comme $0 < \lambda < 1$, l'inégalité suivante est vérifiée :

$$i_C^T < (1 + \alpha_{46} + \alpha_{46}^2 + \alpha_{46}^3 + \dots) i_C^D \quad (32)$$

Pour le graphe n°16, l'influence totale est donnée par :

$$\begin{aligned} i_C^T &= \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{34} (\alpha_{45} + \alpha_{46}) = \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{34} \alpha_{45} + \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{34} \alpha_{46} \\ &= \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{34} \alpha_{45} + \alpha_{12} \alpha_{23} \alpha_{34} \alpha_{45} \left(\frac{\alpha_{46}}{\alpha_{45}} \right) \\ &\Leftrightarrow i_C^T = \left(1 + \frac{\alpha_{46}}{\alpha_{45}} \right) i_C^D \end{aligned}$$

Il suffit enfin de comparer $(1 + \alpha_{46} + \alpha_{46}^2 + \alpha_{46}^3 + \dots)$ avec $\left(1 + \frac{\alpha_{46}}{\alpha_{45}} \right)$, ce qui revient à comparer⁵⁶ $\frac{1}{(1 - \alpha_{46})}$ avec $\frac{1}{\alpha_{45}}$.

Dans le cas limite où l'intégralité des ressources du pôle 4 est fournie au pôle 5, on peut écrire⁵⁷ :

$$(1 - \alpha_{46}) = \alpha_{45} \Leftrightarrow \alpha_{45} = (1 - \alpha_{46}) \Leftrightarrow \frac{1}{(1 - \alpha_{46})} = \frac{1}{\alpha_{45}} \quad (33)$$

On déduit alors des expressions (32) et (33) le résultat suivant :

$$\Leftrightarrow i_C^T < i_C^D$$

De $i_C^T > i_C^D$, il vient enfin

$$i_C^T = i_C^D > i_C^T > i_C^D$$

En conclusion, les circularités jouent une fonction d'amplification ou d'amortissement dans la diffusion des influences en fonction de la capacité de la structure à modifier son agencement interne. Dans une structure donnée et non modifiable, toute circularité adjacente à un chemin C amplifie l'influence directe portée par ce chemin; dans une structure flexible (ou susceptible d'être modifiée), toute circularité réduit l'influence directe et amortit l'influence totale portée par un chemin C⁵⁸.

⁵⁶ En mettant en facteur θ_{46} dans les deux expressions et en réécrivant la suite géométrique de raison θ_{46} sous la forme $1/(1 - \theta_{46})$, ce qui n'est valable rappelons le que si $\theta_{46} < 1$.

⁵⁷ Si le pôle 4 ne fournit pas l'intégralité de ses ressources au pôle 5, on a alors :

$$\alpha_{45} \leq (1 - \alpha_{46}) \Leftrightarrow \frac{1}{(1 - \alpha_{46})} \leq \frac{1}{\alpha_{45}}$$

⁵⁸ Lantner (1974, p. 140) utilise un vocable différent pour qualifier les deux types de situations, à savoir *ceteris paribus* (toutes choses égales par ailleurs) et *mutatis mutandis* (en changeant ce qui doit être changé).

Dans tous les cas de figure, Lantner (1974) établit clairement que les circularités retardent l'acheminement de l'influence totale à travers la structure et donc perturbent la diffusion de l'influence : « Il suit que diffusion directe et diffusion globale varient dans le même sens en fonction de l'agencement des relations dans la structure et que la valeur du déterminant Δ donne simultanément des indications sur le processus de diffusion directe et globale »⁵⁹.

Conclusion de la section 5 :

Dans cette section, nous avons mis en évidence, au niveau local, le rôle ambivalent des circularités en termes d'influence exercée par un pôle sur un autre. Si dans une structure donnée, les circuits adjacents à un chemin ont pour effet d'accroître l'influence directe portée par ce chemin⁶⁰, certaines modifications de la structure (la suppression d'un ou plusieurs circuits adjacents) peuvent conduire à une transmission de l'influence supérieure, ce qui permet d'identifier le rôle non plus amplificateur mais amortisseur d'influence des circularités initiales.

Conclusion du chapitre 4

Ce chapitre nous a permis de montrer comment la théorie des graphes d'influence complète et prolonge les approches structurales développées au chapitre trois, dans le contexte d'une structure d'inter-relations sous forme de flux informationnels qui définit l'essence de la firme processeur d'information.

Après un survol des principes de la théorie des graphes de fluence, nous avons défini tout d'abord le graphe d'influence absolue. C'est le graphe associé au système d'équations simultanées caractérisant l'effet absolu des perturbations-sources sur l'activité de transmission d'informations des entités organisationnelles dans l'ensemble de la structure. Le graphe d'influence absolue est donc le graphe multi-ouvert associé au système des variations absolues de flux informationnels. Ensuite, le graphe d'influence relative a été présenté comme le graphe représentatif de l'effet relatif de ces perturbations.

⁵⁹ Lantner (1974, p. 140).

⁶⁰ Le « multiplicateur d'influence » est d'autant plus fort que le gain du circuit adjacent est élevé, autrement dit que la longueur de ce circuit est courte.

Nous nous sommes ensuite interrogés sur le processus de diffusion de l'influence au sein de cette structure d'échanges et sur un indicateur susceptible d'en rendre compte. Nous avons alors caractérisé le déterminant de cette structure comme une fonction croissante de la diffusion arborescente de l'influence. Il peut être calculé à partir des influences partielles circulant dans l'ensemble des sous-structures appelées graphes partiels hamiltoniens.

Par ailleurs, nous avons tenté de mettre en évidence le rôle prépondérant des circuits courts dans le calcul du déterminant. A la suite de Lantner (1974), nous identifions le déterminant comme indicateur de la diffusion globale de l'influence à travers la structure.

A partir de ce résultat, l'analyse des différents types de configurations structurales a pu être menée afin d'essayer d'identifier celles susceptibles d'assurer la meilleure ou au contraire la moins bonne diffusion de l'influence. Le rôle d'amortisseur de la diffusion globale des circularités a permis de mettre en exergue trois grandes familles de structures :

1. Les structures autarciques sont celles qui assurent la moins bonne diffusion de l'influence parce qu'elles circonscrivent les chocs exogènes dans le seul pôle secteur importateur.
2. Les structures circulaires au sens strict (réduites à un circuit hamiltonien unique) correspondent à la meilleure diffusion possible de l'influence dans la mesure où les circularités globales qui la composent pénalisent moins la diffusion que les circularités partielles (qui caractérisent les structures autarciques).
3. Enfin, les structures triangulaires ne permettent pas d'assurer systématiquement la meilleure diffusion de l'influence alors même qu'elles sont caractérisées par une absence de circularités. Compte tenu de l'orientation univoque des flux qui les traversent, la diffusion de l'influence n'est maximum que dans les cas où le choc exogène affecte le premier pôle de la structure d'échange.

Nous avons terminé par l'étude du rôle des circularités cette fois-ci au niveau local, c'est à dire à l'échelle des relations binaires (pôles pris deux à deux). L'analyse d'une structure donnée a mis en évidence le rôle de multiplicateur d'influence joué par les circularités adjacentes à un chemin, cet effet multiplicateur étant d'autant plus important que le circuit considéré est court. La modification de l'agencement interne de cette structure consistant dans un transfert de ressources d'un pôle vers un autre pour un montant total de ressources identique a néanmoins permis d'identifier également le rôle d'amortisseur de l'influence totale joué par les circularités adjacentes à un chemin.

CHAPITRE 5

**ANALYSE DU POUVOIR INTRA-
ORGANISATIONNEL DANS UNE
STRUCTURE CONCRETE**

Chapitre 5

Analyse du pouvoir intra-organisationnel

dans une structure concrète

Introduction

Ce chapitre achève notre étude des voies de quantification de l'information et du pouvoir dans les organisations. La caractérisation de la firme comme processeur d'information (chapitre 1) nous a conduit à identifier un potentiel d'analyse des phénomènes de pouvoir dans les organisations (chapitre 2). Une démarche pragmatique vis-à-vis des enseignements des sciences sociales connexes à l'économie nous a conduit à étudier plus précisément des approches structurales sociologiques du pouvoir intra-organisationnel (chapitre 3).

Nous avons alors proposé d'utiliser une théorie originale pour essayer de quantifier les organisations ainsi définies, la théorie des graphes d'influence, qui s'inscrit dans une démarche d'analyse structurale. Cette théorie est à quelques exceptions près (économie industrielle) relativement méconnue dans le champ des sciences économiques, notamment en économie des organisations ; elle permet pourtant d'approfondir l'étude des interrelations et interdépendances entre les pôles d'une structure organisationnelle donnée. Par ailleurs, là où l'individualisme méthodologique dominant des sciences économiques fractionne les organisations afin d'en analyser des éléments isolés¹, l'analyse structurale embrasse à la fois l'ensemble des éléments et l'ensemble des relations entre ces éléments, tous deux définissant de manière indissociable l'organisation. Il s'agit bien ici de se focaliser non pas sur un (ou plusieurs) élément(s) isolé(s) de la structure, ni sur la structure prise dans sa globalité mais sur les relations qui articulent les composantes structurales entre elles (Gazon, 1976). A partir de ces éléments, le présent chapitre, à partir d'un exemple concret, illustre les pistes de quantification des flux informationnels internes à l'organisation, pistes ouvertes par la théorie des graphes d'influence.

L'avantage du type de structure d'échange retenu, une Institution française d'enseignement supérieur, réside principalement dans le fait qu'elle charrie essentiellement des flux

¹ « On se refuse à disséquer la structure, à promener une loupe sur chaque relation car cela condamne à une vision myope » Lantner (2000, p. 12).

d'information quantifiables de manière objective par un observateur extérieur. Nous avons choisi de repérer ces flux par l'intermédiaire des échanges de courriers électroniques entre les membres de la structure. De nombreuses études procèdent de cette manière. Elles utilisent souvent les mesures traditionnelles de centralité pour aboutir à des résultats qui reflètent la diversité des articulations autorité / discrétion au sein des organisations ; par exemple, alors que Sproull & Kiesler (1986, 1992) constatent que la technologie email contribue à réduire les distances entre les membres de l'organisation en court-circuitant les relations d'autorité formelle et en constituant des « coteries » transversales, Tyler et *al.* (2003) trouvent que la structure d'échange de courriels dans l'organisation qu'ils étudient calque en grande partie la structure formelle, et les réseaux transversaux qu'ils identifient se superposent pour la plupart à des projets impulsés par la direction. En définitive, les résultats empiriques que nous obtenons par l'usage de la théorie des graphes d'influence contribueront à enrichir l'étude des relations entre autorité et discrétion, du fait de la capacité de cette théorie à articuler les dimensions locales ou globales de la coordination intra-organisationnelle.

La première section revient sur les indicateurs structuraux qui servent de base à l'analyse empirique et introduit le choix de la base de données que nous utilisons et les étapes de construction du tableau d'échanges. La section 2 détaille l'analyse structurale des flux d'information dans l'organisation, tout d'abord au niveau de la structure globale, ensuite au niveau des sous-structures (c'est-à-dire des départements pédagogiques et de recherche).

Section 1 : Eléments de méthodologie

1.1/ Présentation générale des indicateurs structuraux

Deux types d'indicateurs vont être mobilisés pour caractériser l'organisation en question.

1.1.1/ Ordres de multiplication et d'élasticité

A ce sujet, Lantner (1974, p. 210) : « L'ordre de multiplication n'est pas aussi étranger qu'il pourrait paraître à l'analyse de la centralité. Si le premier relève d'une approche matricielle et la seconde d'une investigation topologique, la finalité des deux conceptions est identique. Le centre de la structure est en effet défini comme le pôle dont l'écart maximum à un autre pôle de la structure est minimum, c'est-à-dire comme le pôle dont l'influence sur le reste de la structure est la plus globale et la plus forte. Le passage d'un digraphe non valué à un réseau d'interrelations quantifiées incite à intégrer l'intensité des liaisons à l'analyse de centralité : or la branche considérée comme dominante par l'ordre de multiplication – celle dont le multiplicateur est le plus élevé – est précisément celle qui exerce la plus forte influence globale sur la structure. L'ordre de multiplication constitue ainsi une extension au cas des graphes valués du principe de centralité [...].

Ainsi la théorie du multiplicateur apparaît très précisément comme une théorie de la centralité intégrant à la fois la position et l'intensité des liaisons, c'est-à-dire comme une théorie de la 'centralité quantitative' ».

1.1.2/ Le déterminant et ses déclinaisons : les indicateurs synthétiques

Il s'agira de déterminer ici si la structure est plutôt circulaire ou triangulaire.

D'après Lantner (2000, p. 8), le déterminant est une fonction décroissante de l'interdépendance générale entre les éléments d'une structure (ie : une fonction croissante de la dépendance). Les principes de la théorie des graphes d'influence nous suggèrent trois indicateurs afin de définir le type de configuration structurale associé à notre organisation (sous l'hypothèse d'offre dominante)

1.1.2.1/ Le taux d'autarcie polaire²

Dans une structure d'échange parfaitement autarcique, chaque pôle produit lui-même les ressources informationnelles dont il a besoin à l'aide des ressources extérieures. Une telle structure est donc définie par un système de n équations qui vérifient :

$$(1 - \theta_{jj}) = \delta_j \quad \text{pour } j = 1, 2, \dots, n$$

Dans ce cas, le majorant du déterminant³ de la structure est égal à la valeur du déterminant minimum défini par le théorème de l'induction-produit :

$$\Delta_{\text{maj}} = \prod_{j=1}^n (1 - \theta_{jj}) = \prod_{j=1}^n \delta_j = \Delta_{\text{min}}$$

Dans le cas opposé, lorsque les autofournitures sont nulles ($\theta_{jj} = 0 \forall j$), chacun des pôles est alimenté en information par les autres pôles de la structure (et l'extérieur) et dans ce cas :

$$\Delta_{\text{maj}} = \prod_{j=1}^n (1 - \theta_{jj}) = 1$$

On va alors mesurer le taux d'autarcie polaire par l'indicateur suivant :

$$a = \frac{1 - \Delta_{\text{maj}}}{1 - \Delta_{\text{min}}}$$

De manière cohérente avec notre objectif, c'est une fonction croissante des autofournitures qui a deux propriétés :

- sa valeur minimale $a = 0$ est atteinte pour $\theta_{jj} = 0 \forall j$
- sa valeur maximale $a = 1$ est atteinte pour $\prod_{j=1}^n (1 - \theta_{jj}) = \prod_{j=1}^n \delta_j = \Delta_{\text{min}}$

² Lantner (1974, p. 126).

³ Nous rappelons que le majorant du déterminant noté Δ_{maj} est identifié comme le déterminant associé à une structure strictement triangulaire. Il se distingue du déterminant maximum noté Δ_{max} qui est associé à une structure particulière qui est le circuit hamiltonien unique. Ainsi, Δ_{maj} peut être considéré comme le majorant du déterminant de n'importe quelle structure étudiée alors que Δ_{max} définit la valeur maximum qui peut être atteinte par Δ_{maj} .

Par ailleurs, son complément à 1 définit le taux d'échange interne de la structure que l'on note :

$$e = 1 - \frac{1 - \prod_{j=1}^n (1 - \theta_{jj})}{1 - \Delta_{\min}} = \frac{\prod_{j=1}^n (1 - \theta_{jj}) - \Delta_{\min}}{1 - \Delta_{\min}}$$

1.1.2.2/ Le taux d'interdépendance des pôles⁴

Le déterminant d'une structure d'échanges peut être interprété comme le majorant du déterminant Δ_{maj} auquel on soustrait la somme des effets portés par les circularités notée C , cette somme étant l'indicateur de l'interdépendance entre les pôles (cf. chapitre 4) :

$$\Delta = \prod_{j=1}^n (1 - \theta_{jj}) - C \Leftrightarrow C = \prod_{j=1}^n (1 - \theta_{jj}) - \Delta$$

On définit alors le taux d'interdépendance des pôles noté i :

$$i = \frac{\Delta_{\text{maj}} - \Delta}{1 - \Delta_{\min}}$$

Il prend sa valeur minimale lorsque $\Delta_{\text{maj}} = \Delta$, c'est-à-dire dans le cas d'une structure parfaitement autarcique.

Lantner (1974, p. 159) souligne la pertinence de cet indicateur qui « tient compte par son dénominateur [...] de toutes les relations extérieures de la structure, et par son numérateur [...] de toutes les liaisons internes, tant en direction qu'en intensité »⁵. En effet, d'après le théorème de l'induction produit, Δ_{\min} capture l'importance des chocs informationnels externes qui entrent dans la structure relativement aux ressources informationnelles totales. L'expression $(1 - \Delta_{\min})$ revient donc à s'affranchir de ces relations externes (hétéroactivité) pour se concentrer uniquement sur les caractéristiques des échanges intra-structuraux.

⁴ Lantner (1974, p. 130).

⁵ La construction de cet indicateur répond ainsi à la mise en garde de Aujac (1960, p. 180) : « l'on ne saurait caractériser le réseau des liaisons entre industries en tenant compte tantôt de la localisation des liaisons, tantôt de leur intensité. De toute évidence, il ne sera possible d'arriver à un résultat satisfaisant qu'en considérant à la fois la localisation et l'intensité de chaque liaison ».

1.1.2.3/ Taux de circularité et taux de triangularité⁶

Les développements dans ce chapitre sont parcourus par l'articulation entre interdépendance (circularité) et dépendance (triangularité) qui discrimine plus que toute autre les différentes configurations structurales. Lantner (1974, p. 129) fonde sa construction des taux de triangularité et circularité sur trois remarques majeures :

1) la première établit la différence $(1 - \Delta_{\text{maj}})$ comme fonction croissante des autarcies polaires, elles-mêmes identifiées comme des circularités partielles particulières (cf. chapitre 4) ;

2) la seconde reprend l'idée selon laquelle le produit des termes diagonaux $\prod_{j=1}^n (1 - \theta_{jj})$ est un majorant de Δ , cette valeur maximale étant atteinte dans le cas de structures n'ayant aucun circuit de deux arcs ou plus (définition des structures strictement triangulaires) ;

3) la troisième remarque est relative au fait que tout circuit de deux arcs ou plus fait diminuer la valeur de Δ , et contribue par conséquent à augmenter la valeur de l'interdépendance $\Delta_{\text{maj}} - \Delta$.

Le degré de circularité d'une structure va alors être défini comme une fonction croissante de la somme $(1 - \Delta_{\text{maj}} + \Delta_{\text{maj}} - \Delta) = 1 - \Delta$. En rapportant cette somme à sa valeur maximale $(1 - \Delta_{\text{min}})$ on obtient le taux de circularité noté c :

$$c = \frac{1 - \Delta}{1 - \Delta_{\text{min}}}$$

Le taux de triangularité est ensuite défini comme le complément du taux de circularité à 1, on le note t :

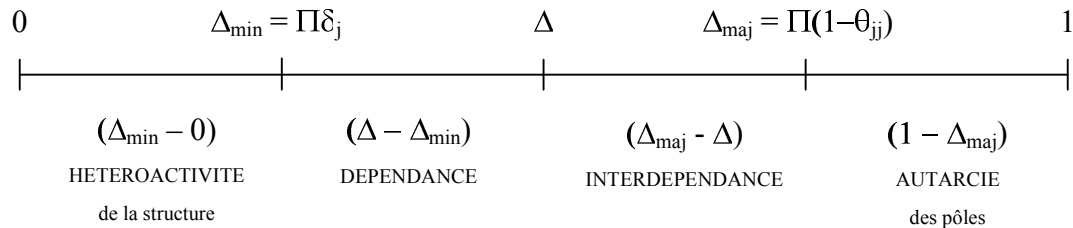
$$t = 1 - \frac{1 - \Delta}{1 - \Delta_{\text{min}}} = \frac{\Delta - \Delta_{\text{min}}}{1 - \Delta_{\text{min}}}$$

Pour tout $\Delta_{\text{min}} \neq 1$, on a alors la propriété suivante :

⁶ Lantner (1974, pp. 127-130).

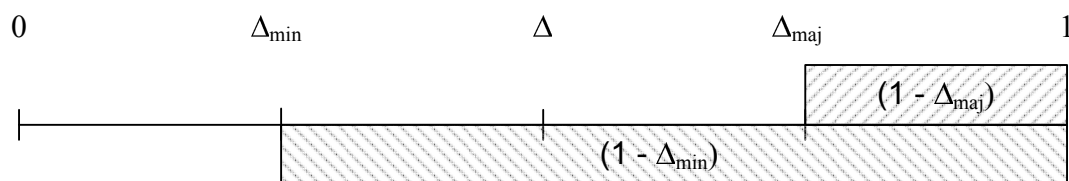
$$a + i + t = \frac{1 - \Delta_{\text{maj}}}{1 - \Delta_{\text{min}}} + \frac{\Delta_{\text{maj}} - \Delta}{1 - \Delta_{\text{min}}} + \frac{\Delta - \Delta_{\text{min}}}{1 - \Delta_{\text{min}}} = 1$$

A partir de cette propriété, Lantner (2000, p. 11) représente les indicateurs d'autarcie polaire, d'interdépendance et de dépendance sur un axe [0,1]. Le déterminant de la structure est compris entre ces deux bornes:

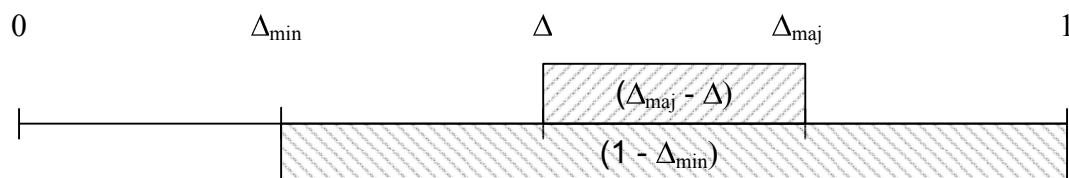


On peut expliciter davantage ce graphique en donnant une représentation plus « visuelle » des indicateurs structuraux. Ces trois indicateurs sont destinés à l'étude de l'agencement interne de la structure, par conséquent leur dénominateur commun $(1 - \Delta_{\text{min}})$ permet de s'affranchir des relations avec l'extérieur. Ils vont ensuite exprimer la part d'autarcie, d'interdépendance et de dépendance dans ces relations internes.

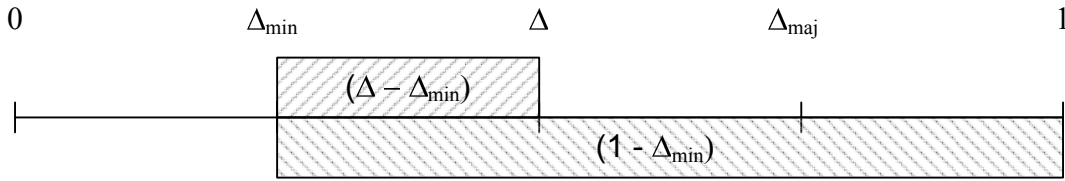
Autarcie polaire



Interdépendance des pôles



Dépendance des pôles



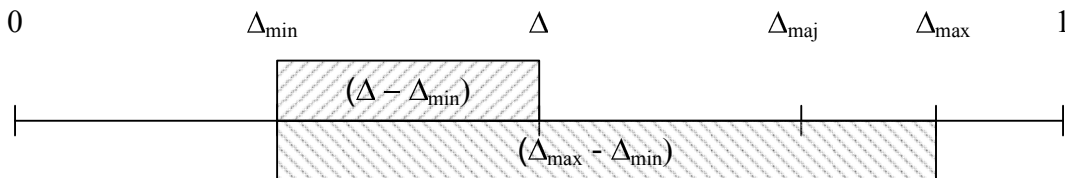
1.1.2.4/ Le taux de diffusion directe⁷

Quand bien même le déterminant Δ est un bon indicateur de la diffusion de l'influence dans une structure, l'hypothèse de fixité des δ_j ne nous permet pas de comparer des structures ayant des relations différentes avec leur environnement. Dans ce cas, on substitue au déterminant le taux de diffusion directe, noté d :

$$d = \frac{\Delta - \Delta_{\min}}{\Delta_{\max} - \Delta_{\min}}$$

avec $\Delta_{\max} = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - \delta_j)$.

On peut le représenter graphiquement de la manière suivante :



Il s'agit ici de « normaliser » l'analyse de la structure en évacuant son degré de dépendance vis-à-vis de l'extérieur.

C'est de ce point de vue un indicateur plus fin que le seul déterminant et il a deux propriétés intéressantes :

- il a une valeur minimale $d = 0$ lorsque $\Delta = \Delta_{\min}$ c'est-à-dire dans le cas d'une autarcie totale des pôles
- il prend sa valeur maximale $d = 1$ pour $\Delta = \Delta_{\max}$ c'est-à-dire lorsque l'agencement interne de la structure autorise la plus grande diffusion possible de l'influence compte tenu des relations de la structure avec son environnement.

⁷ Lantner (1974, pp. 125-126).

Cet indicateur est de manière cohérente une fonction croissante du déterminant.

1.2/ La base de données

Nous nous proposons de mener une analyse des flux informationnels intra-organisationnels par le biais de l'étude des flux de mails dans une organisation.

1.2.1/ L'utilisation des flux de mails pour identifier les « communautés de pratiques »

Comme nous l'avons noté dans le chapitre deux, peu de travaux en économie des organisations s'intéressent à l'interaction entre autorité (capacité à prendre des décisions qui orientent les actions des autres) et discrétion (capacité pour un agent de contrôler l'usage des ressources mises à sa disposition et sur lesquelles il ne possède aucun droit de propriété, ainsi que de contrôler l'usage de sa propre force de travail). Nous avons largement insisté au cours de notre travail sur le fait que c'est dans l'étude de l'articulation entre ces deux dimensions que pouvait être élaboré un discours économique sur les « potentiels » de pouvoir intra-organisationnel.

Selon de nombreux sociologues de l'organisation, cette tension est particulièrement prégnante lorsque de nouvelles techniques de production, de communication ou de prise de décision sont introduites dans l'organisation. Alter (1985, 1991), par exemple, montre de manière pertinente comment les deux termes de cette tension finissent par s'identifier, pour ainsi dire, aux entités informelles en lutte autour des nouveaux enjeux de pouvoir⁸ que ces technologies introduisent dans l'organisation ; l'autorité légitime aux yeux du management l'action des « légalistes », la discrétion celle des « innovateurs ». La façon dont cette tension s'exprime alors, sa temporalité particulière, la manière dont le rôle du management est conçu dans la gestion de cette tension, tous ces éléments sont riches en enseignements pour l'économiste qui, de manière pragmatique, chercherait à approfondir son étude. Ils permettraient notamment de développer un cadre d'analyse original des innovations organisationnelles, cadre basé sur deux postulats essentiels : l'individu membre de l'organisation constitue la source principale de l'innovation organisationnelle ; la diffusion des nouvelles pratiques du niveau individuel au niveau organisationnel se fait par l'intermédiaire de collectifs qui portent celles-ci. En

⁸ Au sens de Crozier & Friedberg (1977), autour de la création et du contrôle de l'incertitude. Voir chapitre 2.

l'occurrence, l'originalité de Alter consiste en ce que le passage de l'individuel à l'organisationnel est à la fois non linéaire et discontinu ; en cela, son approche se distingue d'approches alternatives qui laissent de côté la dimension fondamentalement conflictuelle qui marque ce passage, à l'instar par exemple des travaux aujourd'hui à forte audience de Nonaka (1994) et de Woodman (1993).

Toujours en sociologie de l'organisation, cette tension autorité / discrétion peut être pensée de manière plus « contingente » (Rogers, 1995), plus contrainte, dans le sens où les choix individuels en matière d'adoption de la nouvelle technique dépendent de décisions managériales. Certes, les membres de l'organisation disposent d'une certaine marge de manœuvre quant aux usages qu'ils développent de la technologie. Cependant, ces usages restent fortement influencés par les relais de communication et d'opinion internes. Or, ces rôles sociaux se combinent étroitement à la position des membres de l'organisation dans l'échelle de l'autorité formelle. Autrement dit, les choix et comportements individuels vis-à-vis des nouvelles techniques de production, de communication et de prise de décision ne peuvent être considérés en dehors des choix et comportements du sommet stratégique de l'organisation.

Synthétisons brièvement ce qui précède : la tension autorité / discrétion est souvent analysée en sociologie des organisations comme une résultante de l'introduction dans la structure de nouvelles techniques de production, de communication et de prise de décision à l'initiative du sommet stratégique. Cette introduction implique un ensemble de dynamiques cognitives (apprentissage) et sociales (influences, conflits, coalitions informelles) qui perturbent le fonctionnement de l'organisation durant une période plus ou moins longue selon une logique d'équilibres ponctués (Tyre & Orlikowski, 1994). Ces dynamiques impliquent chez Alter une déconnexion et autonomisation temporaire des deux termes de la tension, ou chez Rogers la subordination continue de la discrétion à l'autorité.

L'étude de la technologie email et des flux d'information qu'elle engendre dans la structure organisationnelle est de ce point de vue particulièrement pertinente pour repérer cette diversité des relations envisageables entre autorité et discrétion. Ces flux permettent ainsi à de nombreux auteurs de repérer la topologie et la dynamique de « communautés de pratiques » au sein des organisations (Tyler et *al.*, 2003), c'est-à-dire de relations intenses entre des individus qui poursuivent des objectifs similaires et qui ont une compréhension partagée de

leur activité productive ; ils permettent de repérer plus largement la topologie et la dynamique de réseaux de collaboration et d'échange de connaissances (Wellman, 2001). Autrement dit, ces flux constituent selon ces auteurs un moyen privilégié pour identifier les construits de coopération et de dominance qui traversent et modèlent les structures sociales qui les supportent. Garton & Wellman (1995), à travers une revue extensive de la littérature sur l'impact des courriels dans les organisations, synthétisent ainsi les particularités de cette technologie de communication : les dynamiques sociales et cognitives qu'elle impulse résument aussi bien la nature de l'activité productive, des perceptions des utilisateurs quant aux capacités de la technologie à répondre à leurs besoins, des relations interpersonnelles, des structures organisationnelles (formelles et informelles) de pouvoir, que les média privilégiés par les directions dans leur système interne de communication.

Ces études, qui utilisent souvent les mesures traditionnelles de centralité (voir le chapitre trois), aboutissent à des résultats qui reflètent la diversité des articulations autorité / discrétion notée plus haut : alors que Sproull & Kiesler (1986, 1992) constatent que la technologie email contribue à réduire les distances entre les membres de l'organisation en court-circuitant les relations d'autorité formelle et en constituant des « coteries » transversales, Tyler et al. (2003) trouvent que la structure d'échange de courriels dans l'organisation qu'ils étudient calque en grande partie la structure formelle, et les réseaux transversaux qu'ils identifient se superposent pour la plupart à des projets impulsés par la direction.

1.2.2/ Définition des flux et présentation de la base

Les données brutes utilisées pour l'étude empirique sont les mails envoyés et reçus par les 122 membres d'une organisation concrète⁹ à d'autres membres de l'organisation pendant la semaine du 9 au 15 septembre 2005, pour un total de 3841 mails. Ces mails ont été recensés *a posteriori* et n'ont donc pas pu être l'objet de manipulations *ex ante* de la part des pôles¹⁰. Les mails envoyés à l'extérieur de la structure (étudiants, collaborateurs extérieurs, mails d'ordre privé – achats sur Internet, etc.) ont été rejetés ainsi que les mails reçus par l'extérieur, ceci pour plusieurs raisons.

⁹ Au sujet de laquelle, pour des raisons de confidentialité, nous nous contenterons de préciser qu'il s'agit d'une Institution Française d'Enseignement Supérieur en Management, membre de la Conférence des Grandes Ecoles.

¹⁰ On peut imaginer que les données produites consciemment par des individus prévenus de la nature de l'étude auraient été quelque peu différentes.

Tout d'abord, le déséquilibre évident entre une centaine de personnes membres d'une organisation d'un côté et des milliers de correspondants extérieurs de l'autre ne manquerait pas de diluer la valeur des différents indicateurs que l'on se propose de calculer. Par ailleurs, les frontières de l'organisation seraient de plus en plus difficiles à identifier au fur et à mesure que l'on y intégrerait des participants (directs ou indirects extérieurs), sans compter la multiplication des justifications complémentaires quant au choix d'accorder ou pas aux éléments de cet ensemble disparate le statut de membre de l'organisation. Enfin, ce choix méthodologique permet d'inscrire l'analyse dans un cadre intra-organisationnel au sens strict alors qu'un choix d'intégration des différents éléments cités plus haut nous entraînerait davantage dans l'analyse d'un réseau¹¹.

Ensuite, en ce qui concerne spécifiquement le second point, deux mails entrants sur trois sont des *spams*¹² ou des virus. Dans l'organisation en question, ils représentent au total 3,8 millions de messages entrants pour l'année 2005.

Eu égard aux contraintes réglementaires imposées par la C.N.I.L.¹³, nous n'avons eu accès qu'aux quantités de mails transitant dans la structure et à leur expéditeurs et destinataires respectifs et pas à leur contenu. Cela nous a amené à évacuer toute tentative de valorisation des informations transmises par ce support électronique dans la mesure où elle n'aurait pu prendre appui que sur des considérations relevant de la structure formelle (hiérarchique) de l'organisation, introduisant par là un biais fort sur les relations de dominance-dépendance informationnelle entre les pôles¹⁴.

Ce choix appelle plusieurs remarques. S'il est vrai que la prise en compte des seules quantités pose le problème du traitement identique des informations relevant du domaine professionnel (supposées à forte valeur ajoutée pour l'activité des pôles) de celles relevant davantage de simples relations amicales, nous pensons qu'elle n'enlève rien à la pertinence des indicateurs

¹¹ L'analyse structurale peut également s'y appliquer même si le traitement de réseaux de grande taille relève davantage à notre avis des problématiques et outils (issus de la physique statistique) de la démarche en termes de « *small world* » (cf. Newman, 2003). Comme le précise cependant Lantner (2000, p. 12), « compte tenu du caractère multiplicatif de la loi de récurrence, les valeurs de l'Interdépendance Générale sont souvent faibles » dans les cas de structures de grande taille. Cela n'enlève rien à l'intérêt de l'outil qui s'interprète plutôt dans ce cas « en analyse comparative ».

¹² Un spam désigne les communications électroniques massives, notamment de courrier électronique, sans sollicitation des destinataires, à des fins publicitaires ou malhonnêtes (cf <http://fr.wikipedia.org/wiki/Spam>).

¹³ La Commission Nationale Informatique et Liberté. Légalement, on ne peut pas avoir accès aux informations transmises par les mails même dans un cadre professionnel.

¹⁴ Intuitivement, comment ne pas anticiper en effet que les pôles identifiés comme dominants seraient par une telle procédure les responsables hiérarchiques.

calculés et à l'identification éventuelle de réseaux de relations informelles. La théorie des organisations a produit depuis quelques décennies la preuve de l'importance des relations informelles dans la bonne conduite des affaires à la fois au sein des organisations et dans leur environnement. L'économie de coût de coordination (parmi d'autres) générée par ces relations produit au-delà des arguments plus sociologiques ou anthropologiques un fondement économique robuste à ce thème¹⁵.

Sur un volet plus technique lié à la méthode input-output, le traitement des quantités en dehors des considérations de valeur (des prix que l'on pourrait y associer) lève comme nous l'avons déjà précisé les problèmes de cohérence du modèle à offre dominante identifiés par de Mesnard (2002).

1.2.3/ Les étapes de la construction du tableau d'échanges

1.2.3.1/ Définition du périmètre de l'organisation

Afin de construire le tableau input-output des flux d'échanges de mails, nous avons été confrontés à deux problèmes, le premier d'ordre technique, le second d'ordre méthodologique. Le problème technique initial concernait l'inversion d'une matrice (122*122) impossible à réaliser sous la version standard du logiciel Excel. Ce problème a pu être résolu par l'écriture d'un programme en Visual Basic. Le problème d'ordre méthodologique concernait l'intégration dans le tableau des flux d'échange des informations envoyés par mail par les assistants(es) associés(ées) aux différentes directions de l'organisation. En effet, ces pôles émettent ou transfèrent de l'information sans distinguer nécessairement les récepteurs. De nombreux mails sont ainsi envoyés à tous les pôles de la structure et viennent gonfler « artificiellement » le volume des informations transmises au sein de la structure. Nous avons dès lors décidé de nous concentrer sur une sous-structure particulière qui est celle des enseignants-chercheurs en agrégeant toutes les informations transmises et reçues par les assistants (es) dans un pôle « structure administrative » considéré comme extérieur à l'organisation étudiée.

¹⁵ De manière plus pragmatique, il paraît de bon sens de considérer que dans une organisation, le Directeur Général d'une structure devant déléguer un adjoint à un manager d'une Direction stratégique peut considérer qu'il y a un gain de temps à lui proposer un membre de l'organisation avec lequel il a déjà des affinités, quand bien même ces affinités ne seraient pas d'ordre strictement professionnel.

Ce choix procure de nombreux avantages. En premier lieu, il permet l'analyse des relations informationnelles entre pôles relativement homogènes, quand bien même il faudrait distinguer dans cet ensemble d'un côté les enseignants-chercheurs exerçant des fonctions managériales sans assistant (e) (susceptibles donc d'envoyer des informations groupées), de l'autre les enseignants-chercheurs dont le niveau de responsabilité managériale s'accompagne d'un certain nombre d'assistants (es) pour les envois d'information au reste de la structure.¹⁶

Ensuite, la structure étudiée se ramène à 49 pôles, ce qui facilite à la fois l'interprétation et le calcul des indicateurs. Enfin, on peut ensuite décomposer cette sous-structure en départements pour analyser les flux intra-département.

1.2.3.2/ Le traitement des données brutes

A partir du tableau d'échange de mails initial (annexe 9.1), la réduction de la structure s'est faite tout d'abord en identifiant par des couleurs les enseignants-chercheurs (membres de l'organisation qui est l'objet de l'analyse), chaque couleur définissant l'appartenance à un département spécifique¹⁷.

Ensuite, chaque individu retenu a été indicé dans l'ordre des entiers naturels sans prendre en compte son appartenance à un département. Ce n'est que pour l'analyse de l'interdépendance entre départements que les individus ont été regroupés et classés par ordre croissant département par département (annexe 10.1).

Les contraintes de la méthodologie input-output nous imposent d'avoir un indicateur de production d'information (sous forme de mails) en ligne (éléments envoyés aux autres membres de l'organisation et à l'extérieur) X_i égal à l'indicateur de réception en colonne (éléments reçus du reste de la structure et de l'extérieur) X_j pour $i = j$, ceci faisant référence à la loi de conservation (Lantner, 1996, p. 5) énonçant que « l'on fait toujours quelque chose de ce dont on dispose »¹⁸. Pour satisfaire cette contrainte, nous avons procédé en plusieurs étapes en partant du tableau des données brutes comportant 122 pôles.

¹⁶ Nous passons ici sur les dimensions culturelles ou sociologiques qui pourraient conférer un esprit de corps et une similitude de comportement à cette catégorie.

¹⁷ Seul un département constitué d'un élément unique non contributeur d'information sur la base a été retiré.

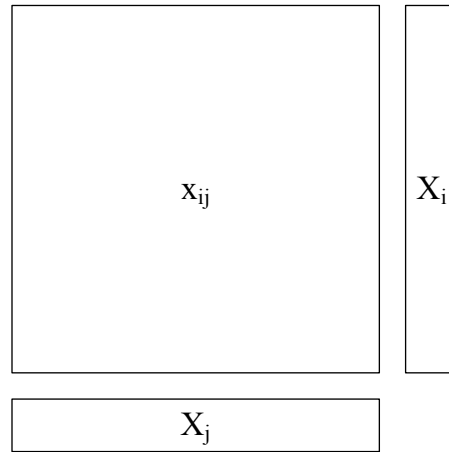
¹⁸ C'est dans cette contrainte que réside probablement la plus forte limite de notre étude. En effet les mails ne sont pas le seul support de transmission d'information entre les membres de l'organisation et on peut très bien considérer qu'une information reçue par mail va se transmettre sous forme orale. Finalement notre analyse approche les mécanismes de transmission de l'influence par l'information par une analyse de la transmission de

Soit x_{ij} la quantité de mails qui transitent du pôle i au pôle j . Dans ce tableau, la somme en ligne donne le total de mails envoyés par le pôle i pour la semaine considérée. Cela correspond au nombre total de mails envoyés dans la structure et hors de la structure par le

pôle en question et on la note en abrégé $X_i = \sum_{j=1}^{j=122} x_{ij}$

La somme en colonne indique l'ensemble des mails reçus par le pôle j . Cela correspond au

nombre total de mails qui entrent dans la messagerie du pôle j et on le note : $X_j = \sum_{i=1}^{j=122} x_{ij}$.



La première étape consiste à distinguer, pour chaque pôle, les échanges effectués au sein de la structure constituée des enseignants-chercheurs (définis comme les flux intra-organisationnels) des échanges effectués avec la structure administrative, assimilés à des échanges avec l'extérieur.

On note TI (Total des flux Intra-organisationnels) la somme des mails envoyés dans la structure et EXT (Total des flux vers l'EXTérieur) le total des mails envoyés vers la structure administrative. Pour chaque pôle i , on a donc :

$$EXT_i = X_i - TI_i \Leftrightarrow EXT_i = \sum_{j=1}^{j=122} x_{ij} - \sum_{j=1}^{j=49} x_{ij}$$

On note de la même manière mais cette fois-ci en colonne TI (Total des flux Intra-organisationnels) la somme des mails reçus des autres pôles de la structure et EXT (Total des

mails. Cette limite n'est cependant pas réductrice dans la mesure où nous comptabilisons l'excédent de ressources sur la diffusion effective comme une mémorisation (qui pourrait également être une transmission orale ou écrite sur un autre support) et un excédent de diffusion par rapport aux ressources initiales comme une création (qui pourrait très bien être le fruit d'une information extérieure sur un autre support).

flux de l'EXTérieur) la somme des mails reçus de la structure administrative. Pour chaque pôle j , on a donc :

$$EXT_j = X_j - TI_j \Leftrightarrow EXT_j = \sum_{i=1}^{i=122} x_{ij} - \sum_{i=1}^{i=49} x_{ij}$$

A l'issue de cette étape, nous avons donc un tableau de données de la forme :

x_{ij}	X_i	TI_i	EXT_i
X_j			
TI_j			
EXT_j			

Une lecture rapide du tableau initial nous a permis d'identifier un certain nombre de mailings à destination de l'ensemble des pôles de la structure. Afin de ne pas pondérer de manière excessive le poids des ressources informationnelles provenant de l'extérieur, nous avons considéré que les mailings collectifs devaient être retirés du total des ressources informationnelles externes de chaque pôle. Nous avons au final retiré huit mails en provenance de la structure administrative pour chaque pôle¹⁹.

La deuxième étape consiste à faire en sorte que le tableau servant de base aux calculs vérifie la loi de conservation de l'énergie transposée à l'information. La production d'information (le nombre total de mails sortis) notée TS_i doit être égale à la réception d'information (le nombre de mails entrés) TE_j pour $i = j$. L'indicateur d'output total TS_i et l'indicateur d'input total TE_j vont donc être égaux pour chacun des pôles à $\max(X_i ; X_j)$. Cela nous amène à un tableau qui est maintenant de la forme :

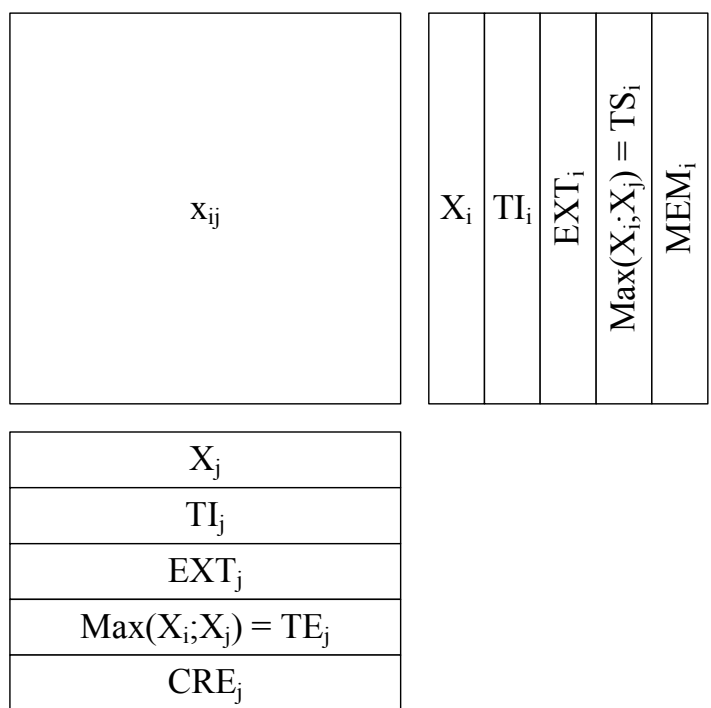
¹⁹ L'idée est simple : un individu ne voit aucune utilité à la transmission d'une information dont il sait qu'elle est déjà détenue par l'ensemble des pôles de la structure. Cette transformation s'est révélée importante puisqu'elle a permis de faire varier de manière sensible le taux d'interdépendance de la structure globale.

x_{ij}	X_i	TI_i	EXT_i	$Max(X_i; X_j) = TS_i$
X_j				
TI_j				
EXT_j				
$Max(X_i; X_j) = TE_j$				

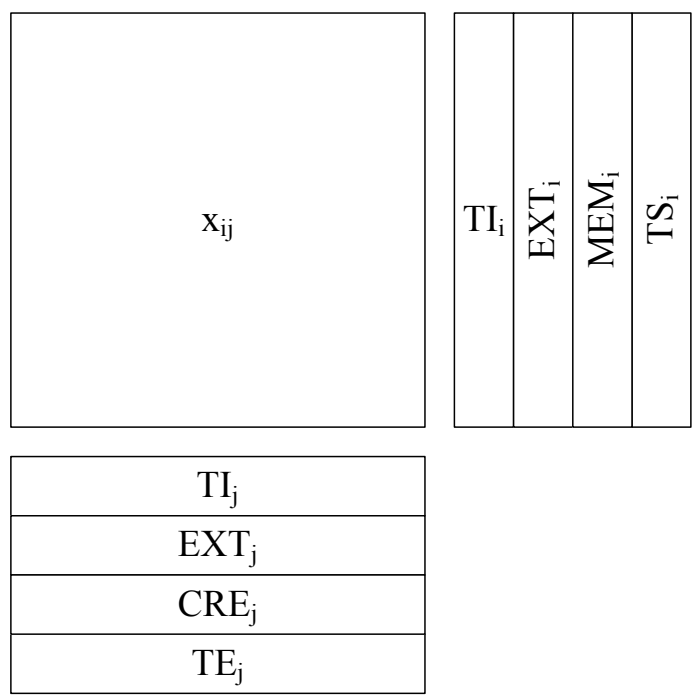
Enfin, dans une troisième étape nous avons procédé comme suit pour chaque pôle:

Si $X_j > X_i$, $Max(X_i; X_j) = X_j$. Dans ce cas, on considère qu'il y a mémorisation d'information, notée $MEM_i = X_j - X_i$. Il aurait été tentant de considérer cette mémorisation comme de la rétention d'information et de l'ajouter à l'autofourniture du pôle étudié. La symétrie imposée par la loi de conservation nous empêche évidemment de procéder ainsi puisque l'adjonction de débouchés en ligne viendrait ajouter des consommations intermédiaires supplémentaires en colonne. Par ailleurs, l'excédent des ressources sur les transmissions effectives nous amène à considérer que la création d'information est nulle. On la note $CRE_j = 0$.

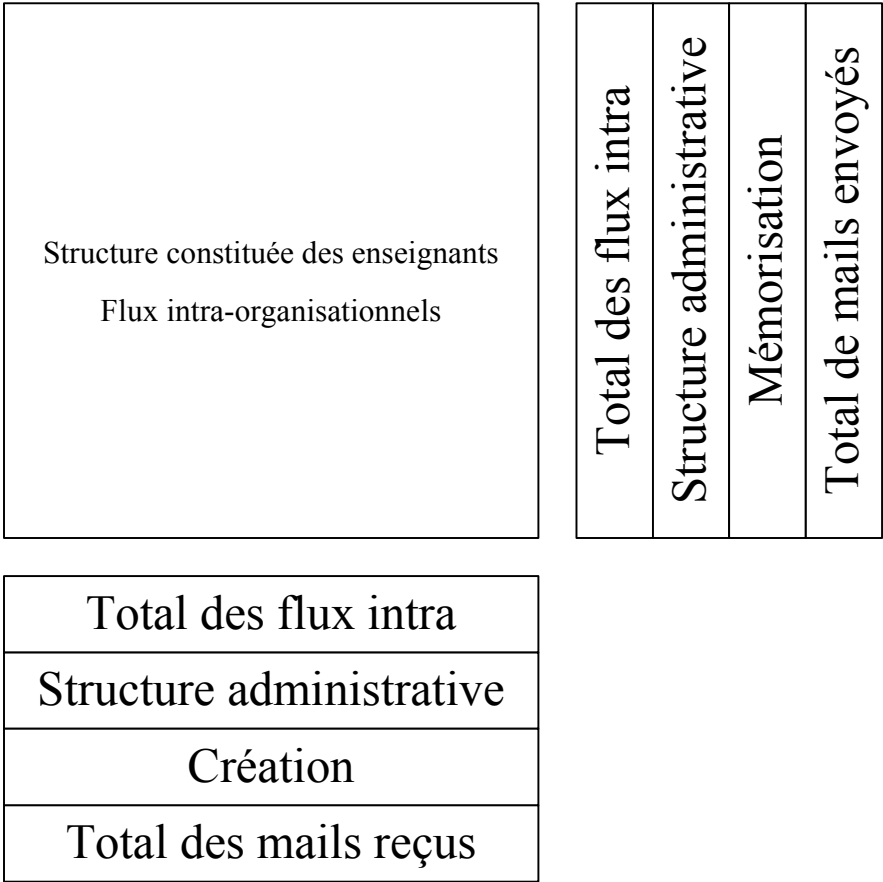
Si par contre $X_j < X_i$, $Max(X_i; X_j) = X_i$. On considère alors qu'il y a eu création d'information, notée $CRE_j = X_i - X_j$ et que la mémorisation d'information est nulle. On la note $MEM_i = 0$. La structuration des données est finalement après cette étape la suivante :



Avant calcul des indicateurs, la structure des données utiles va finalement être présentée sous une forme plus opérationnelle :



Celle-ci renvoie à une articulation cohérente des données rendue plus explicite dans le dernier schéma ci-dessous :



Enfin, concernant l’hypothèse fondamentale de dominance par l’offre, les flux d’information entre enseignants-chercheurs (les membres de la structure) sont supposés dépendre de l’ensemble des ressources extérieures à la structure, soit la somme des informations transmises par la structure administrative EXT_j à laquelle vient s’ajouter le cas échéant la création d’information CRE_j . Pour rester cohérent avec les notations retenues au chapitre quatre, on notera l’ensemble des ressources extérieures :

$$R_j = EXT_j + CRE_j$$

Section 2 : La configuration de l'organisation globale

L'analyse de l'agencement interne de notre organisation est menée sur la base des échanges informationnels entre les 49 individus qui sont considérés dans un premier temps comme pôles élémentaires de la structure.

2.1/ Ordre de multiplication et centralité

Ces deux informations nous renseignent sur l'influence globale d'un individu sur l'ensemble de la structure, l'influence directe étant capturée par les coefficients qui valuent les arcs ou les chemins.

2.1.1/ Le graphe d'influence absolue (G.I.A.)

Dans un modèle à offre dominante, conformément à ce qui a été développé dans le chapitre quatre, le graphe d'influence absolue est construit à partir des coefficients de débouchés (annexe 9.3). Ce sont les éléments de la matrice $[I - A]$ qui valuent les arcs (lorsqu'ils existent) entre les pôles de la structure (annexe 9.3b). De même, les multiplicateurs d'activité respectifs des pôles du GIA vont être déterminés à partir de la matrice $[\Phi] = [I - A]^{-1}$ (annexe 9.3c).

Le multiplicateur d'influence absolue

L'accroissement des ressources informationnelles d'un pôle j implique sous l'hypothèse de constance des coefficients de débouchés un accroissement proportionnel des informations transmises dans l'organisation considérée.

A un niveau interindividuel qui est celui de la relation de dépendance (donc de pouvoir) d'un agent sur un autre, l'influence absolue globale de j sur k est mesurée par le rapport entre la variation initiale de ressources externes du pôle j sur l'activité (l'output) informationnelle du pôle k :

$$\Delta X_k = (I_{(j) \rightarrow k}^G) \Delta R_j$$

Les relations d'influence absolue globale dans l'ensemble de la structure définies au chapitre quatre vérifient :

$$[\Delta X_1 \quad \dots \quad \Delta X_j \quad \dots \quad \Delta X_n] = [\Delta R_1 \quad \dots \quad \Delta R_j \quad \dots \quad \Delta R_n] \begin{bmatrix} \varphi_{11} & \dots & \varphi_{1j} & \dots & \varphi_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varphi_{i1} & \dots & \varphi_{ij} & \dots & \varphi_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \varphi_{n1} & \dots & \varphi_{nj} & \dots & \varphi_{nn} \end{bmatrix}$$

Dès lors, la variation globale de l'output informationnel de l'organisation est égale à l'ensemble des effets induits par la variation de ressources externes initiale. On définit alors pour chaque pôle i^{20} le multiplicateur associé au graphe d'influence absolue qui donne l'influence globale de ce pôle sur l'ensemble de l'organisation :

$$MULT_i^{GIA} = \sum_{j=1}^{j=49} \varphi_{ij}$$

A partir des données relatives à notre organisation, on a obtenu l'ordre de multiplication présenté dans les trois tableaux ci-dessous (annexe 9.7) avec un classement des multiplicateurs d'activité informationnelle par ordre décroissant.

Pour chaque tableau, la colonne de gauche correspond au pôle i , la colonne de droite l'indicateur $MULT_i^{GIA}$.

44	2,488
22	2,344
17	2,153
41	2,137
26	2,089
12	2,002
3	1,975
16	1,946
25	1,928
9	1,883

10	1,856
38	1,854
40	1,833
11	1,798
7	1,786
24	1,745
47	1,696
8	1,659
37	1,652
2	1,591

15	1,582
49	1,559
13	1,529
36	1,5
43	1,421
6	1,404
32	1,364
4	1,333
46	1,323
21	1,286

30	1,284
5	1,277
28	1,275
39	1,265
35	1,226
45	1,221
19	1,211
42	1,209
20	1,151
29	1,137

27	1,108
48	1,105
34	1,092
14	1,091
31	1,089
1	1,085
18	1
23	1
33	1

Les multiplicateurs associés au GIA sont par construction toujours supérieurs ou égaux à 1. Cela s'explique par le fait que l'augmentation d'un mail envoyé par un pôle dans la structure ne détruit évidemment pas les mails déjà envoyés et ne se dilue pas au cours de son cheminement à travers la structure.

²⁰ Il convient ici de ne pas mélanger les indices. Nous délaissions l'indiciage en j pour nos pôles le temps de représenter le multiplicateur global correspondant dans la matrice $[\Phi]$ à une somme en colonne. L'indiciage des multiplicateurs d'activité renvoie à cette matrice dont les lignes sont conventionnellement indicées en i et les colonnes en j . Nous reprenons pour le commentaire notre notation habituelle qui associe un pôle source d'influence à l'indice j .

Un multiplicateur égal à 1 signifie que la ressource informationnelle reçue par le pôle j dans la structure génère un accroissement d'information dans la structure égal à un (le message d'origine). Autrement dit, il n'y a pas d'amplification de l'information envoyée par le pôle j . L'individu 44 est celui qui a le multiplicateur le plus élevé, ce qui veut dire qu'une variation d'une unité de ses ressources informationnelles augmentera les ressources informationnelles totales de la structure de 2,49 unités.

On peut considérer que les deux individus les plus influents (les plus dominants) sur la base de ce critère (c'est-à-dire les individus 44 et 22) se détachent relativement aux autres. En effet, à partir de l'individu 17, les écarts entre les multiplicateurs d'activité sont très faibles (inférieurs à 0,1). Néanmoins, 24 pôles sur 49, soit quasiment la moitié des membres de l'organisation, ont un multiplicateur supérieur à 1,5. Cela signifie que chacun de ces pôles produit pour l'organisation plus de 50% des ressources informationnelles qu'il reçoit. Cette information n'est certainement pas neutre dans une organisation processeur d'information, dans laquelle un des enjeux majeurs est de déterminer quel(s) pôle(s) alimenter en information pour produire le supplément de production totale maximum qui constitue le cœur de son activité²¹.

2.1.2/ Le graphe d'influence relative (G.I.R.)

Dans un modèle à offre dominante, le graphe d'influence relative est construit quant à lui à partir des coefficients techniques (annexe 9.4). Ce sont les éléments de la matrice $[I - \Theta]$ qui valent les arcs (lorsqu'ils existent) entre les pôles de la structure (annexe 9.4b). De même, les multiplicateurs d'activité respectifs des pôles du GIR vont être déterminés à partir de la matrice $[v_{ij}] = [D][I - \Theta]^{-1}$ (annexe 9.6)²².

Le multiplicateur d'influence relative

L'accroissement en pourcentage des ressources informationnelles d'un pôle j implique (sous l'hypothèse de constance des coefficients de débouchés) un accroissement proportionnel (en pourcentage) des informations transmises dans l'organisation considérée.

²¹ Sous l'hypothèse déjà introduite que les individus souhaitent avoir le plus d'informations possibles, étant entendu que toute information est pertinente.

²² Le développement analytique du système d'équations simultanées de la section 2.2.3.2/ du chapitre 4 montre pourquoi il faut prémultiplier $[I - \Theta]^{-1}$ par $[D]$, la matrice diagonale des coefficients d'entrée δ_j .

A un niveau interindividuel l'influence relative globale de j sur k est mesurée par le rapport entre la variation de ressources externes du pôle j (en pourcentage du niveau de ressources initial) sur la variation de l'activité (l'output) informationnelle du pôle k (en pourcentage du niveau d'output initial):

$$\frac{\Delta X_k}{X_k} = (i_{(j) \rightarrow k}^G) \frac{\Delta R_j}{R_j}$$

Les relations d'influence relative dans l'ensemble de la structure définies au chapitre quatre vérifient :

$$\begin{bmatrix} \frac{\Delta X_1}{X_1} & \dots & \frac{\Delta X_j}{X_j} & \dots & \frac{\Delta X_n}{X_n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\Delta R_1}{R_1} & \dots & \frac{\Delta R_j}{R_j} & \dots & \frac{\Delta R_n}{R_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_{11} & \dots & v_{1j} & \dots & v_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ v_{i1} & \dots & v_{ij} & \dots & v_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & \dots & v_{nj} & \dots & v_{nn} \end{bmatrix}$$

Dès lors, la variation globale de l'output informationnel de l'organisation (en pourcentage de l'output initial) est égale à l'ensemble des effets induits par la variation de ressources externes (en pourcentage des ressources initiales). On définit alors pour chaque pôle i le multiplicateur associé au graphe d'influence relative qui donne l'influence globale de ce pôle sur l'ensemble de l'organisation :

$$MULT_i^{GIR} = \sum_{j=1}^{j=49} v_{ij}$$

A partir des données relatives à notre organisation, on a obtenu l'ordre de multiplication²³ présenté dans les trois tableaux ci-dessous avec un classement des multiplicateurs d'activité informationnelle par ordre décroissant (annexe 9.7). Pour chaque tableau, la colonne de gauche correspond au pôle i, la colonne de droite l'indicateur $MULT_i^{GIR}$.

16	2,199
12	1,784
3	1,703
6	1,509
11	1,462
39	1,431
17	1,352
10	1,282
26	1,263
38	1,229

35	1,162
2	1,148
49	1,148
46	1,135
47	1,096
45	1,086
19	1,048
22	1,048
42	1,042
44	1,036

7	1,026
43	1,008
34	0,987
24	0,984
14	0,964
41	0,924
20	0,892
36	0,874
31	0,847
8	0,817

32	0,814
25	0,809
28	0,807
18	0,8
4	0,797
5	0,787
30	0,782
21	0,778
37	0,773
1	0,752

33	0,75
15	0,74
29	0,737
27	0,696
40	0,667
9	0,624
23	0,571
13	0,486
48	0,343

²³ Appelé aussi « ordre d'élasticité » puisqu'il met en jeu des rapports de variation.

Si l'on passe à une analyse en termes de variations relatives de l'output informationnel global de la structure, on observe plus nettement une certaine hiérarchie des pôles. L'individu 16 est le seul à avoir un multiplicateur supérieur à 2: une variation de 1% de ses ressources informationnelles génèrent une variation de 2,2% de l'output total. Pour le reste, les multiplicateurs sont relativement peu différenciés, signe que chaque individu impacte relativement peu (en termes de variation relative de l'output informationnel global) l'organisation.

Notons tout de même que seuls les individus 16, 12, 3 et 6 ont un multiplicateur d'influence relative supérieur à 1,5 et que plus de la moitié des pôles (27 sur 49) ont un multiplicateur inférieur à 1. Ce dernier cas renvoie aux différences de poids des individus en termes d'activité dans la structure informationnelle.

2.1.3/ Cohérence entre les ordres de multiplication et la centralité de degré

D'une manière générale, les multiplicateurs d'activité sont assez faibles dans l'organisation considérée.

En variation absolue, les individus 44 et 22 jouent un rôle important dans la dynamique de transmission des informations au sein de l'organisation mais lorsque l'on passe en variation relative (c'est-à-dire lorsque l'on tient compte du volume de flux informationnels générés par l'extérieur), seul le pôle 16 conserve un rôle influent (dominant) dans la diffusion.

Cela suggère *a priori* une forte interdépendance des pôles dans cette organisation. L'analyse de la centralité de degré présentée au chapitre trois ne permet guère de retrouver les pôles dominants identifiés par les multiplicateurs, ce qui est tout à fait logique dans la mesure où la théorie des graphes d'influence est fondamentalement quantitative là où le repérage des pôles les plus centraux sont menés à partir de graphes non valués et prend juste en compte l'existence ou pas de liens bi-univoques entre pôles (annexe 9.8).

2.2./Dépendance et interdépendance dans la structure globale

Après s'être intéressés aux caractéristiques des pôles en termes d'influence informationnelle, nous allons nous intéresser aux caractéristiques de la structure globale, afin de savoir si elle est plutôt autarcique, triangulaire ou circulaire.

2.2.1/ Une organisation globalement autarcique, circulaire ou triangulaire ?

Les indicateurs structuraux sont construits à partir du déterminant de la structure qui est de manière indifférencié celui de la matrice $[I - A]$ ou celui de $[I - \Theta]$ ²⁴.

En cohérence avec ce que nous avons présenté au chapitre précédent, les deux valeurs aux bornes sont le déterminant minimum, défini par le produit des taux d'importation des ressources informationnelles dans la structure, soit $\Delta_{\min} = \prod_{j=1}^{49} \delta_j$, et le déterminant maximum

défini comme $\Delta_{\max} = 1 - \prod_{j=1}^{49} (1 - \delta_j)$

La valeur des coefficients δ_j est donnée ci-dessous pour chaque pôle de l'organisation (annexe 9.5). Pour chaque tableau, la colonne de gauche correspond au pôle et la colonne de droite au coefficient d'importation de ressources qui lui est associé. Ils sont classés dans l'ordre décroissant :

35	0,909
42	0,9
34	0,889
46	0,882
14	0,867
19	0,857
39	0,855
12	0,833
47	0,833
10	0,818

18	0,8
16	0,794
6	0,787
38	0,786
20	0,781
31	0,778
3	0,765
49	0,76
33	0,75
4	0,714

1	0,692
15	0,667
21	0,667
27	0,667
30	0,667
11	0,656
29	0,636
28	0,633
43	0,617
32	0,615

41	0,588
2	0,583
37	0,583
22	0,571
23	0,571
26	0,571
44	0,556
5	0,552
8	0,526
17	0,526

7	0,471
25	0,471
24	0,429
36	0,422
9	0,417
13	0,4
40	0,364
48	0,333

Le taux d'importation des pôles de l'organisation est très élevé puisque la plupart des pôles importent plus de la moitié de leurs ressources informationnelles de l'extérieur de la structure considérée, qui regroupe à la fois les mails envoyés par la structure administrative (intégrée à l'organisation au sens large) et les informations créées par les pôles.

Chaque individu va ainsi dépendre pour sa production d'information davantage de son environnement proche que de ses collègues, ce qui devrait laisser supposer un taux d'autarcie relativement fort. Cette caractéristique de la structure étudiée est intéressante dans la mesure où elle renvoie à une dépendance forte de l'organisation par rapport à l'extérieur. Cela la confinerait ainsi à un rôle de traitement de l'information plutôt qu'à un rôle de production

²⁴ A propos de ce résultat, cf. annexe 8 et Lantner (1974, p. 21).

d'information. On retrouverait en quelque sorte la firme processeur d'information telle qu'elle est décrite dans Radner (1993) avec une forte spécialisation des tâches.

Les principaux indicateurs structuraux sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Indicateur	valeur
Déterminant minimum (Δ_{\min})	0
Déterminant maximum (Δ_{\max})	1
Déterminant de la structure (Δ)	0,096

Indicateur	Valeur
Taux d'autarcie (a)	0,853
Taux d'interdépendance (i)	0,051
Taux de dépendance (t)	0,096
Taux de diffusion directe	0,096
Ratio i/t	0,537
Ratio (i/t)*d	0,051

Tout d'abord, on peut remarquer que les indicateurs ont une valeur relativement faible compte tenu du fait que la taille de la matrice représentative de notre structure d'échange est importante²⁵. Un résultat remarquable est certainement le taux élevé d'autarcie polaire qui ne suffit cependant pas à démontrer à lui seul un niveau faible d'interdépendance. En effet, comme le montre Lantner (1974, pp. 154-156), l'annulation des autoconsommations (autofournitures) dans le calcul des indicateurs ne modifie pas « le rapport entre l'indicateur de dépendance et d'interdépendance », c'est-à-dire le ratio i/t. Dans notre cas, ce ratio est assez élevé et nous permet de conclure à une caractérisation claire de l'organisation : la structure globale est faiblement triangulaire.

L'interdépendance générale entre pôles est à peu près équivalente au degré de dépendance entre pôles avec un taux de diffusion directe faible (9,6%). Comme on l'a vu au chapitre quatre, les relations de dépendance/dominance sont portées par les chemins alors que l'interdépendance est véhiculée par les circuits. La forte circularité de notre organisation nous éloigne d'une structure hiérarchique au sens strict et l'analyse des pôles dominants confirme cette intuition²⁶.

²⁵ Comme le précise Lantner (2000), cela ne pose pas par ailleurs de problème de validité de l'approche qui se prête cependant mieux à une analyse comparative dans le cas où les valeurs sont très faibles.

²⁶ Il pourrait paraître étonnant de considérer comme largement interdépendante une structure dont le taux d'interdépendance est mesuré à 5%. Encore une fois, c'est bien le ratio i/t, égal à 50% dans notre étude, qui nous informe globalement de cette caractéristique. Des calculs de ratio i/t sur les Tableaux d'Echanges Interindustriels des principaux pays de l'O.C.D.E (base de données STAN) révèlent par exemple pour ces pays des ratio i/t de l'ordre de 10% au maximum. Ces taux s'expliquent par la manière même dont ces tableaux sont construits (Lebert, 2001).

2.2.2/ Dépendance et interdépendance entre sous-structures

Un des avantages de la théorie des graphes d'influence est sa capacité à lier différents niveaux d'analyse (global/local). Après avoir caractérisé la structure globale comme étant fortement circulaire (faiblement triangulaire), on va ensuite regrouper les pôles de la structure en départements (annexe 10) afin de calculer l'interdépendance générale de ces départements. Il s'agit ici d'identifier quelle est la part de l'interdépendance capturée par les flux entre éléments diagonaux relativement aux autres flux²⁷.

Pour faire cette analyse, nous mobilisons Lantner (2000) qui a établi un théorème déterminant les relations entre différentes sous-structures d'une structure donnée :

Pour une partition P quelconque en parties indicées p des pôles de la matrice, le déterminant de la structure d'échange est donné par :

$$\Delta = \left(\prod_p \Delta_p \right) - I_p$$

avec Δ_p le déterminant de la partie p élément de la structure globale et I_p l'interdépendance entre les parties p de la partition P. On dispose ainsi d'un indicateur supplémentaire qui est l'interdépendance entre les parties de la structure noté :

$$I_p = \prod_p \Delta_p - \Delta$$

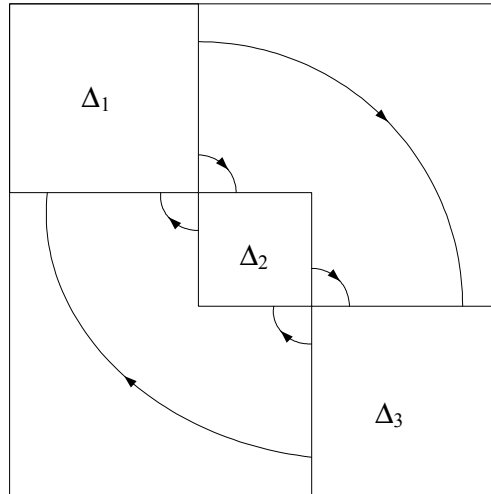
L'idée générale consiste à savoir quelle est dans la structure la part de diffusion globale de l'influence (synthétisée par le déterminant) qui est à mettre au bénéfice de la diffusion entre les parties. Il s'agit en quelque sorte d'essayer d'identifier s'il existe dans la structure un noyau (cœur) de diffusion pour repérer le cas échéant une hiérarchie entre les parties²⁸.

Imaginons par exemple que l'on partitionne une structure en 3 parties, en fonction de critères choisis²⁹ :

²⁷ Nous étudierons également la nature des flux intra-départements dans la section suivante.

²⁸ Cette approche se différencie cependant de celle de Gazon (1976, 1981) qui cherche à identifier les composantes fortement connexes de la structure globale afin de les hiérarchiser. Il s'agit dans ses travaux d'élaborer une sorte de *clustering* endogène fondé sur les notions de hiérarchie et de dépendance. Un inconvénient de cette méthode est que l'on ne peut pas différencier les pôles identifiés dans un ensemble de pôles fortement connexes.

²⁹ Nous reviendrons en conclusion générale sur le problème de la partition des structures et notamment sur la possibilité de déterminer de manière endogène cette partition.



Source : Lantner (2000), repris dans Lantner & Carlier (2004)

Dans ce cas, l'interdépendance entre les sous-structures est déterminée par :

$$I_p = \prod_{p=1}^3 \Delta_p - \Delta = \Delta_1 \Delta_2 \Delta_3 - \Delta$$

A partir de ce que l'on a vu au chapitre 4, l'interdépendance entre ces parties va dépendre de la somme des effets amplifiés générés par les circuits qui les relient entre elles. Dans le cadre de notre organisation, le tableau suivant donne la valeur du déterminant associé à chacun des départements constituant une partition de l'organisation :

Indicateur	Valeur
Déterminant de la structure (Δ)	0,2371
Département A (Δ_A)	1
Département B (Δ_B)	0,915
Département C (Δ_C)	0,705
Département D (Δ_D)	0,794
Département E (Δ_E)	0,987
Département F (Δ_F)	0,813
Département G (Δ_G)	0,797
Département H (Δ_H)	0,35
I_p	0,019
Ratio I_p/Δ	0,199

Le taux d'interdépendance entre les parties est faible mais représente presque 20% de l'interdépendance générale définie par le déterminant Δ . L'essentiel de l'interdépendance générale donc est localisée en dehors de la diagonale principale dans la structure globale. L'agrégation des pôles en départements devrait donc nous permettre d'identifier une certaine triangularité de l'organisation.

Par ailleurs, à l'exception de Δ_H , le déterminant associé à chaque département est élevé. Compte tenu des éléments développés au chapitre 4, cela nous suggère que les structures internes aux départements révèlent essentiellement de la dépendance, c'est-à-dire que ces structures exhibent principalement de la triangularité. Cela fera l'objet d'une analyse plus approfondie dans la suite de l'analyse.

Finalement, si l'étude de la structure au niveau global révèle une forte interdépendance entre les quarante neuf individus, un certain nombre d'indices nous suggèrent que l'analyse de cette structure sur la base des départements ainsi que l'analyse locale des départements eux-mêmes est susceptible de révéler des relations de dépendance donc de la triangularité.

Section 3 : L'agrégation des pôles en départements

Après l'analyse de la configuration globale menée au niveau désagrégé des quarante neuf pôles élémentaires que sont les individus, nous analysons maintenant l'agencement interne de notre organisation sur la base des échanges informationnels entre ces quarante neuf individus regroupés en huit départements. Ce sont ces huit départements qui constituent désormais les pôles élémentaires de la structure.

3.1/ Analyse de la structure scindée en départements

A partir du tableau utilisé à l'étape précédente (annexe 10), on a agrégé les pôles en fonction du critère d'appartenance à un département (une discipline) pour obtenir le tableau des échanges inter-départements.

Même s'il est basé sur les mêmes flux de mails, ce tableau donne une autre image de la structure.

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	2	0	0	2	1	2	0	3
B	0	3	2	8	4	0	9	0
C	2	3	26	4	2	5	29	1
D	3	5	3	21	0	0	7	1
E	1	1	2	0	8	6	0	0
F	2	1	8	0	8	22	5	1
G	8	5	15	6	2	5	40	6
H	5	4	2	0	1	0	7	30

TI	EXT	MEM	TS
10	17	50	77
26	17	10	53
72	95	77	244
40	48	25	113
18	68	17	103
47	52	29	128
87	77	40	204
49	56	45	150

TI	23	22	58	41	26	40	97	42
EXT	54	31	145	56	65	88	78	103
CRE	0	0	41	16	12	0	29	5
TE	77	53	244	113	103	128	204	150

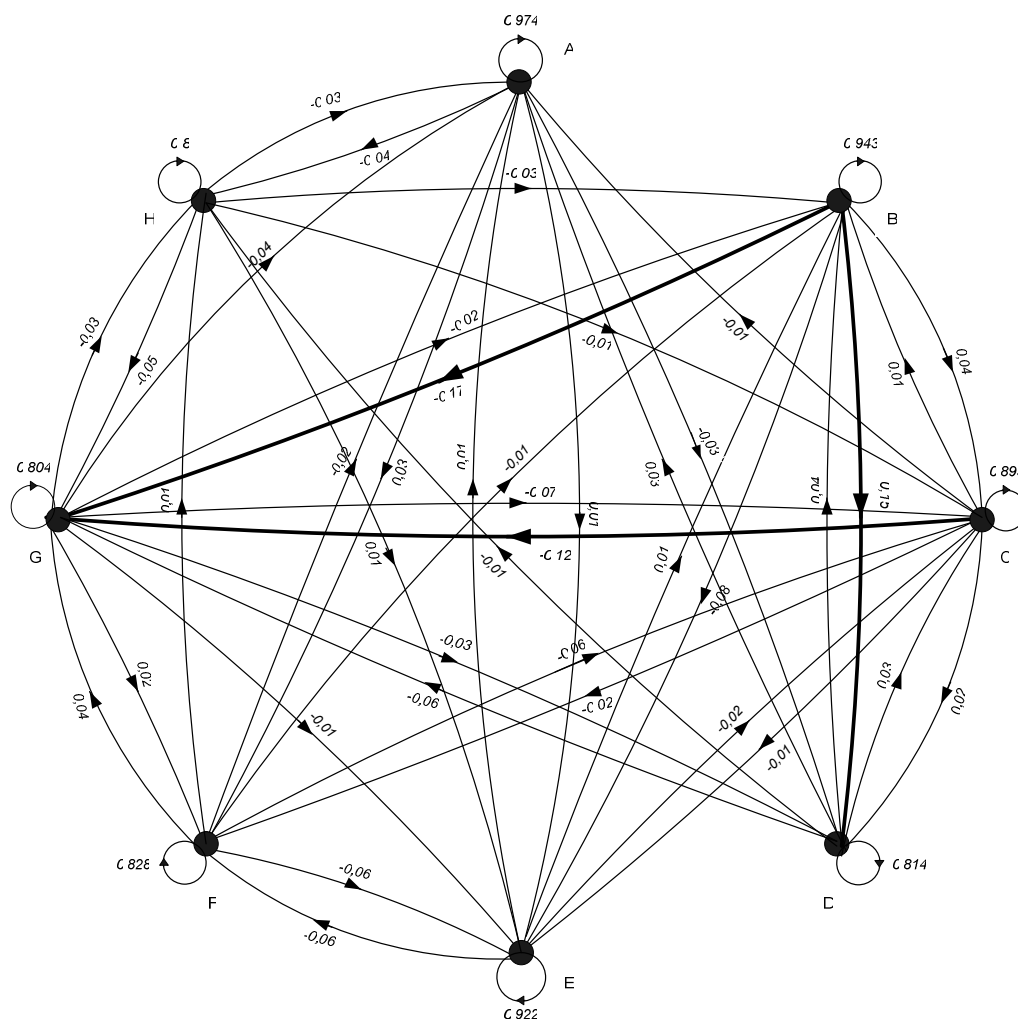
Dans la mesure où le nombre de pôles diminue du fait de l'agrégation des individus en départements, nous pouvons nous attendre à ce que le déterminant de la structure soit supérieur à ce qu'il était auparavant. Dans le même temps, l'agrégation des individus en départements peut également augmenter le nombre de circularités puisqu'elle contribue à rendre les graphes représentatifs de la structure plus « complets ».

Le coefficient d'importation des ressources informationnelles est en moyenne très élevé, ce qui traduit une dépendance de la structure vis-à-vis de l'extérieur élevée (annexe 11).

Afin de caractériser les éventuelles dépendances et interdépendances entre ces sous-structures de l'organisation, on a établi la matrice des coefficients de débouchés, celle des coefficients techniques et les matrices issues de ces dernières permettant de calculer nos indicateurs structuraux.

3.1.1/ Le Graphe d'influence absolue

La structure exhibe de fortes circularités partielles (le coefficient valant les boucles est très élevé) avec une valuation des arcs assez faible, à l'exception notable des trois arcs représentés en gras dont on remarquera que deux d'entre eux proviennent du pôle B. Ce dernier peut donc être considéré comme très diffusant relativement aux autres.

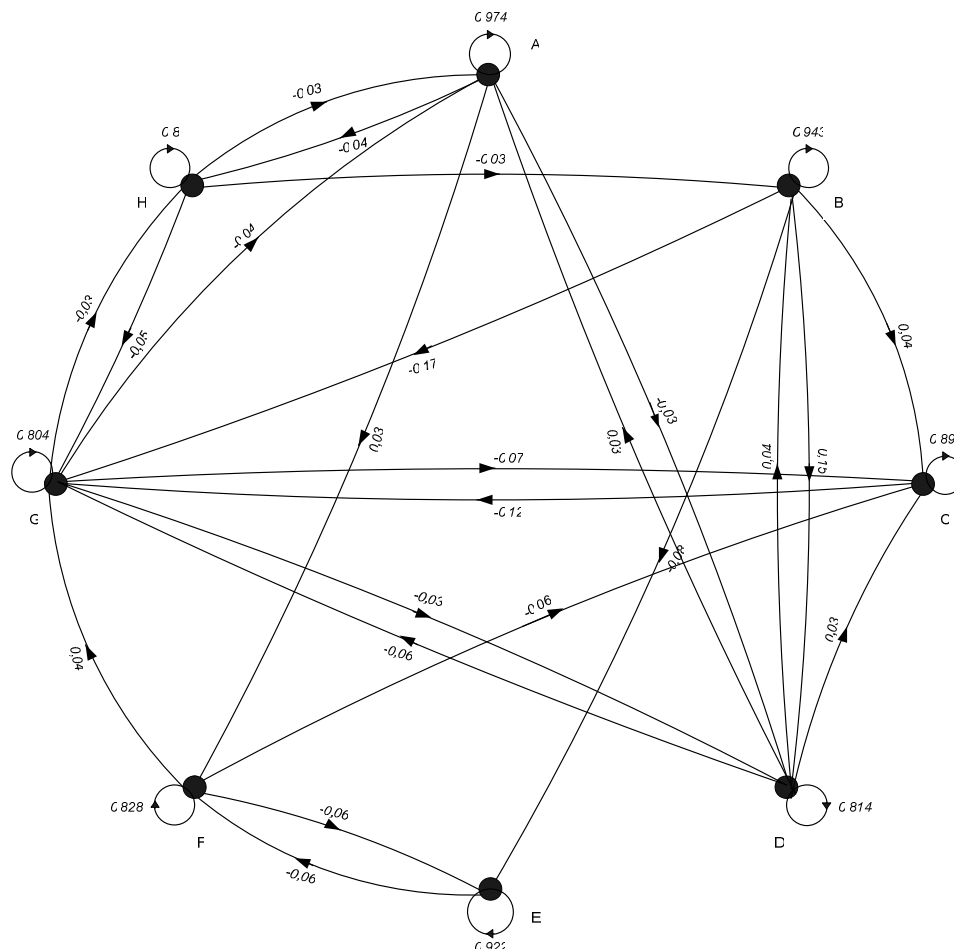


Par ailleurs, on remarque que le graphe est quasiment complet avec comme conséquence l'identification d'un grand nombre de circularités partielles qui amortissent la diffusion de l'influence. D'un point de vue plus pragmatique, il faut remarquer que cela signifie aussi que les départements communiquent entre eux.

L'analyse de l'ordre de multiplication dans le tableau ci-dessous permet d'identifier le pôle B comme étant le pôle dominant de la structure, même si les indicateurs sont dans l'ensemble assez homogènes. L'analyse des différentes formes de centralité menée à partir du graphe orienté non valué (annexe 11) montre un résultat différent (avec un pôle C dominant quelle que soit la méthode employée). Ce résultat suggère une fois encore l'importance de la prise en compte de l'intensité des liaisons entre pôles pour établir de manière plus fine les relations de dépendance/dominance dans l'organisation, notamment lorsque les valuations sont assez différentes les unes des autres.

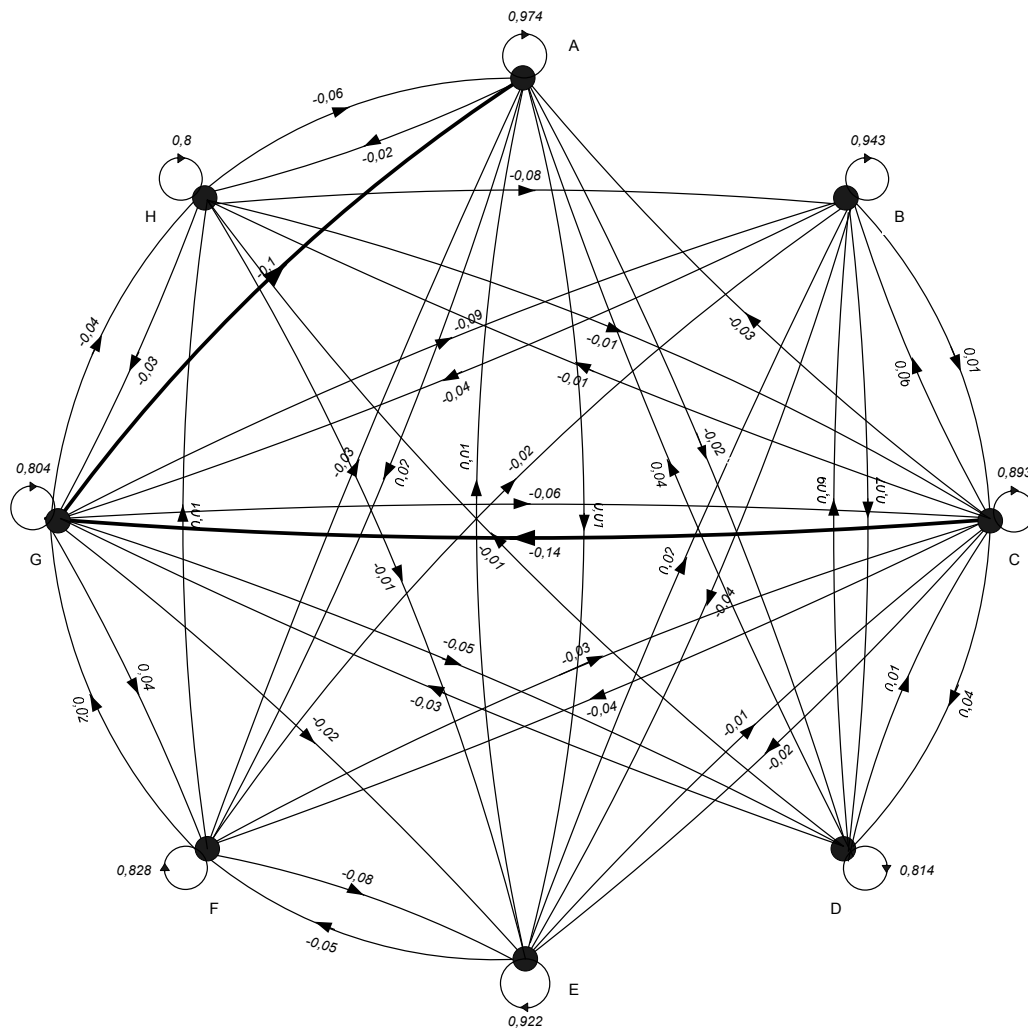
B	1,766
G	1,662
D	1,553
F	1,543
H	1,49
C	1,458
E	1,243
A	1,185

Si on s'intéresse maintenant à une représentation du graphe d'influence absolue dans laquelle on ne retient que les liens les plus forts, selon un critère arbitraire $\alpha_{ij} > 0,02$, on obtient un graphe permettant d'identifier plus nettement les pôles B et C comme dominants la structure du point de vue de l'activité informationnelle. On remarque également que, même en évinçant la majorité des arcs présents sur le graphe original, un grand nombre de circularités partielles demeurent. Elles révèlent de manière nette les liens dyadiques particuliers qui associent notamment le département D aux départements A, B et G ou encore le département G aux départements C, D et G.



3.1.2/ Le Graphe d'influence relative

Ce graphe révèle une hiérarchie des pôles un peu différente dans la mesure où il fait entrer en jeu le poids des pôles dans l'activité informationnelle totale de la structure. Le pôle B, qui était dominant dans le graphe d'influence absolue devient ici le moins influent, ce qui n'est pas très étonnant si l'on précise qu'il n'est composé que de deux membres alors que les autres départements sont constitués en moyenne de sept membres.

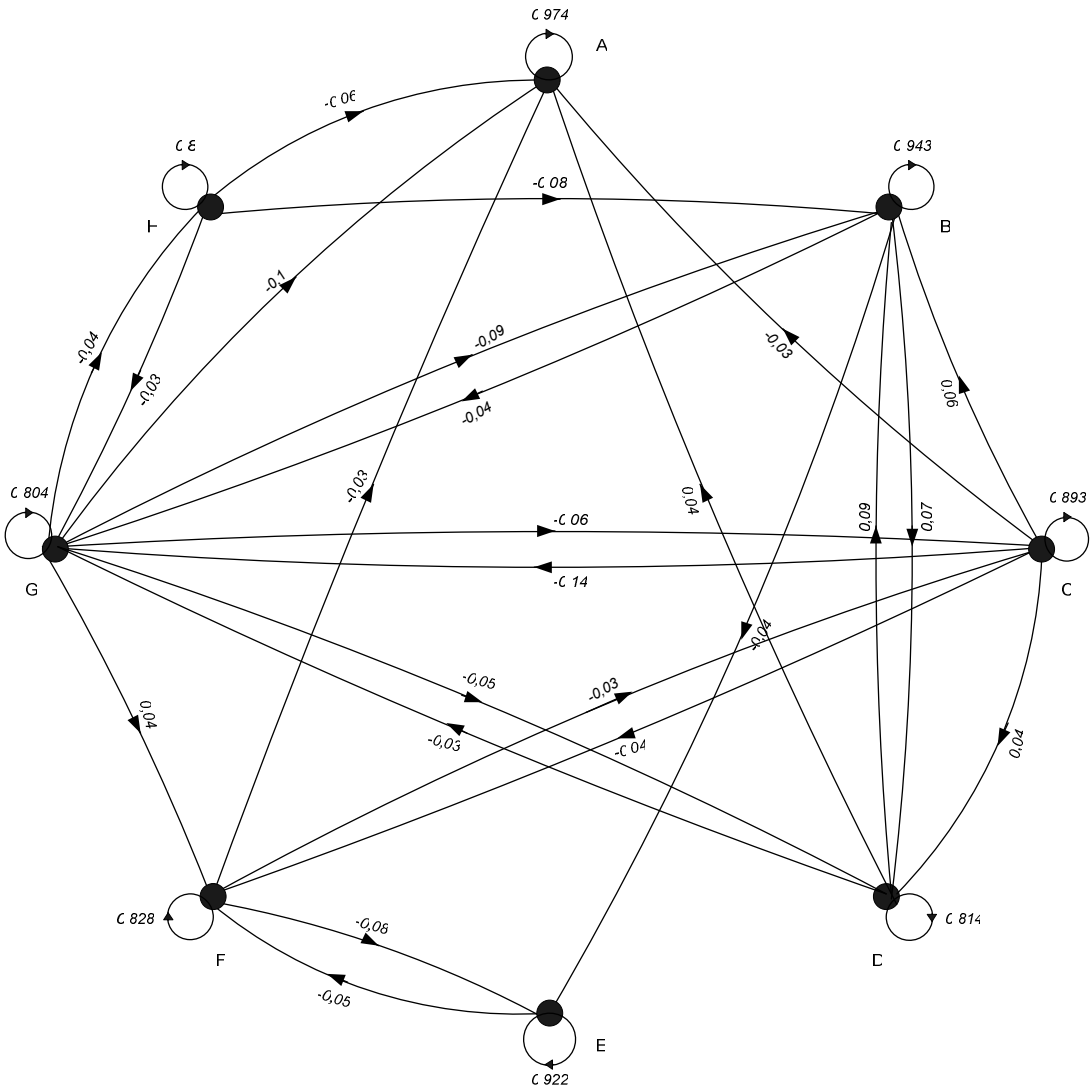


Le département C, dont on a vu précédemment qu'il était le plus central à la fois en termes de degré, de proximité et d'intermédierité sur la base d'un graphe orienté mais non valué est aussi celui qui a le multiplicateur d'activité le plus important. De manière nette comparativement au classement dans l'ordre de multiplication du GIA, le pôle C est donc le pôle dominant du point de vue de l'influence relative. Le classement des ordres de

multiplication (par ordre croissant) qui suit établit une faible hiérarchisation des départements au-delà du pôle C selon ce critère :

C	1,308
H	1,14
F	1,049
G	1,029
D	0,993
E	0,912
A	0,788
B	0,78

Si on s'intéresse maintenant au graphe d'influence relative dans lequel on ne retient que les liens les plus forts (selon le critère $\theta_{ij} > 0,02$), on obtient la représentation suivante :



Si le pôle G semble être celui qui transmet le plus d'influence au regard du nombre de pôles avec lequel il est en relation, l'intensité supérieure de l'influence moyenne transmise par le pôle C lui confère un multiplicateur d'activité plus important.

Même si le seuil retenu pour la représentation des liens les forts peut paraître finalement assez faible, il n'en demeure pas moins qu'il permet de mettre en évidence le nombre important de circularités partielles qui amortissent dans la structure considérée la diffusion de l'influence au niveau global.

3.1.3/ Les caractéristiques de la structure globale

Les indicateurs structuraux nous permettent d'affiner les enseignements tirés de l'étude des graphes d'influence absolue et relative. Ils sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Indicateur	Valeur
Déterminant minimum (Δ_{\min})	0,039
Déterminant maximum (Δ_{\max})	1
Déterminant de la structure (Δ)	0,313
Taux d'autarcie polaire (a)	0,699
Taux d'interdépendance (i)	0,016
Taux de dépendance (t)	0,285
Ratio i/t	0,057
Taux de diffusion directe (d)	0,285
Ratio (i/t)*d	0,016

L'agrégation des individus en département fait augmenter logiquement le déterminant de la structure (cf. chapitre 4). Le taux d'autarcie polaire reste relativement élevé mais un premier résultat remarquable est la faiblesse du taux d'interdépendance relativement au taux de dépendance. L'agrégation des pôles-individus en départements augmente ainsi l'indicateur de diffusion de l'influence dans l'organisation mais montre une structure globalement triangulaire. La construction puis la visualisation des graphes (d'influence absolue ou relative)

rendue possible par la réduction du nombre de pôles nous avait déjà permis d'identifier cette caractéristique, qui se décline également par la hiérarchisation des pôles dans le graphe d'influence relative sur la base de l'ordre d'élasticité qui identifie le département le plus central. Un second résultat intéressant de cette analyse est donc la mise en cohérence du pôle dominant avec le pôle défini comme central : le pôle C.

Cette étude de la structure au niveau global qui identifie un niveau assez élevé d'interdépendance entre les pôles-individus et une forte dépendance des pôles-départements ne saurait suffire. Nous allons la compléter au niveau local par une étude de chaque département.

3.2/ La configuration structurale de chaque département

L'avantage de cette analyse est qu'elle va nous permettre de mettre en évidence avec plus de précision à la fois l'articulation entre centralité et ordre de multiplication et la correspondance entre la forme du graphe et les indicateurs structuraux (ce que ne permet pas ou alors difficilement le graphe d'une structure formée de nombreux pôles inter-reliés). On retrouve ici comme unité polaire l'individu, cette fois-ci encadré dans une sous-structure particulière qui est son département.

3.2.1/ Le département A

Ce département est un peu particulier dans la mesure où les pôles mémorisent la majeure partie de leur information reçue. En effet, le tableau des flux informationnels est le suivant :

	1	15	29	35	45	48
1						1
15						
29						
35						
45						1
48						

TI	EXT	MEM	TS
1	2	10	13
1	1	1	3
2	4	16	22
4	8	10	22
1	2	2	5
1	0	11	12

TI	0	0	0	0	0	2
EXT	13	3	22	22	5	10
CRE	0	0	0	0	0	0
TE	13	3	22	22	5	12

Seuls les pôles 1 et 45 envoient de l'information à d'autres pôles du même département et un seul pôle est récepteur des informations transmises. On ne s'étonnera pas d'observer par conséquent des taux d'importation de ressources informationnelles égaux à 1 pour cinq pôles sur six, avec pour conséquence un déterminant minimum associé à la structure extrêmement élevé.

Personne ne domine cette sous-structure (annexe 12.1) caractérisée par ailleurs par un taux d'autarcie polaire nul et un taux d'interdépendance nulle. Le déterminant et le taux de diffusion directe sont par contre extrêmement élevés. Cela paraît étonnant mais peut être expliqué par le statut un peu particulier accordé à l'information mémorisée. Cela montre peut-être une des limites de la construction de notre tableau initial de flux informationnels sous contrainte de la fameuse loi de conservation³⁰.

Déterminant minimum (Δ_{\min})	0,833
Déterminant maximum (Δ_{\max})	1
Déterminant de la structure (Δ)	1
Taux d'autarcie polaire (a)	0
Taux d'interdépendance (i)	0
Taux de dépendance (t)	1
Ratio i/t	0
Taux de diffusion directe (d)	1
Ratio (i/t)*d	0

³⁰ On considère l'information mémorisée comme faisant partie d'une production alors qu'il s'agit bien dans les faits d'un obstacle à la transmission. Dans ce cas, il peut paraître peu pertinent de dire que la structure est très diffusante alors que manifestement la communication entre membres est quasi-nulle en ce qui concerne le vecteur de communication étudié ici, c'est-à-dire les mails. La connaissance que nous avons de l'organisation étudiée et plusieurs entretiens avec les membres de ce département décrivent cette situation comme habituelle et l'expliquent par la forte proximité des différents bureaux des individus dans une aile du bâtiment. Loin de correspondre à un manque de communication entre les membres d'une même équipe qui devraient partager un certain nombre d'activités pédagogiques et de recherche, cette bizarrerie fait office d'exception qui confirme la règle : les mails ne sont tout simplement pas un vecteur de communication utilisé pour les échanges au sein du département.

3.2.2/ Le département B

Cette sous-structure est composée de seulement deux pôles et correspond donc à une configuration triviale dont le tableau des flux est représenté ci-dessous :

	2	41
2	1	
41	1	1

TI	EXT	MEM	TS
1	25	10	36
2	15	0	17

TI	2	1
EXT	34	16
CRE	0	0
TE	36	17

Au vu des indicateurs structuraux (annexe 12.2), on mesure l'intérêt du taux de diffusion directe par rapport au déterminant. Si le déterminant est en effet très élevé (égal à 0,889), la faiblesse relative des échanges intra-département comparativement aux ressources informationnelles extérieures est bien capturée par le taux de diffusion directe qui est faible et égal à 0,242.

3.2.3/ Le département C

Ce département est composé de 10 pôles, c'est le plus grand de la structure.

	3	10	16	20	21	28	30	31	33	34
3	3			1	1	1	1	1	1	1
10					1		1			
16			2			6		1		
20						1				
21										
28	1		1							
30						1	1			
31										
33										
34										

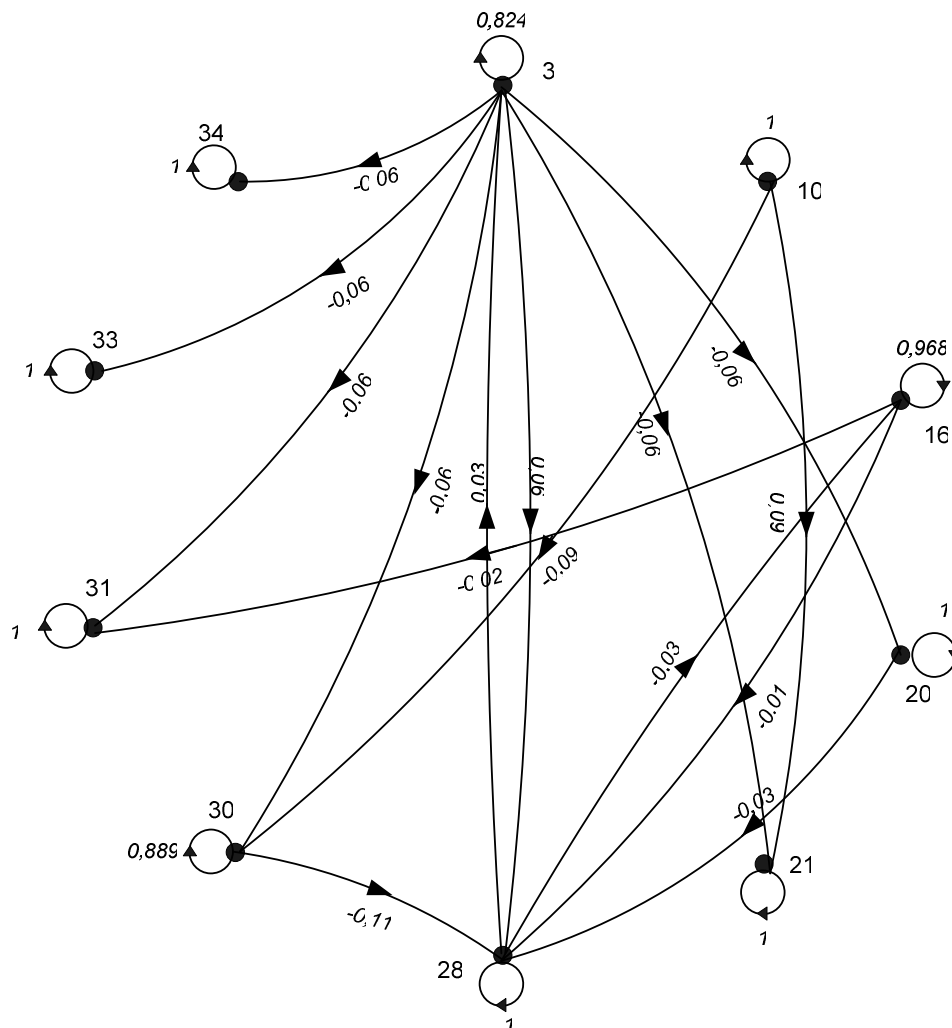
TI	EXT	MEM	TS
10	7	0	17
2	8	1	11
9	54	0	63
1	14	17	32
0	7	8	15
2	13	15	30
2	6	1	9
0	25	20	45
0	1	3	4
0	6	12	18

TI	4	0	3	1	2	9	3	2	1	1
EXT	9	11	23	31	13	21	6	43	3	17
CRE	4	0	37	0	0	0	0	0	0	0
TE	17	11	63	32	15	30	9	45	4	18

Un examen rapide du tableau des échanges informationnels associé à ce département nous suggère plusieurs caractéristiques concernant sa configuration structurale.

Tout d'abord le pôle 3 est le seul à diffuser de l'information à un grand nombre de membres distincts. Comme nous l'avons vu cela ne suffit pas à en faire un pôle dominant puisqu'il faut également prendre en compte l'intensité des liaisons qui le relie aux autres. Ensuite, les flux d'échanges sont largement univoques et localisés au dessus de la diagonale principale. Ces deux éléments nourrissent l'intuition selon laquelle les indicateurs structuraux devraient établir que cette sous-structure est de nature triangulaire. Le nombre très restreint de circularités devrait ainsi conduire à un déterminant élevé.

GIA du département C



Conformément aux commentaires préliminaires précédents, le graphe d'influence absolue associé au département C exhibe de manière évidente une forte hiérarchie des pôles.

Il fait ressortir clairement la dominance du pôle 3 en ce qui concerne le nombre de relations (en majorité unilatérales) de ce pôle avec les autres et leur intensité. Ce pôle a les multiplicateurs d'activité les plus importants de la sous-structure, respectivement 1,742 et 1,481 dans le GIA et le GIR,³¹ qui apparaît donc comme fortement hiérarchisée et peu interdépendante (annexe 12.3). Le nombre de circularités y est faible, ce qui poserait problème si la variation des ressources informationnelles externes concernait un pôle peu diffusant (par exemple le pôle 33).

Cela est confirmé par le tableau suivant qui exhibe un déterminant et un taux de dépendance élevé. La configuration du département C est donc triangulaire:

Déterminant minimum (Δ_{\min})	0,193
Déterminant maximum (Δ_{\max})	1
Déterminant de la structure (Δ)	0,705
Taux d'autarcie polaire (a)	0,361
Taux d'interdépendance (i)	0,005
Taux de dépendance (t)	0,634
Ratio i/t	0,008
Taux de diffusion directe (d)	0,634
Ratio (i/t)*d	0,005

3.2.4/ Le département D

Ce département est constitué de six pôles, ce qui lui confère un format standard (en terme de taille) comparativement aux autres. Le tableau des flux intra-département associé au département D est le suivant :

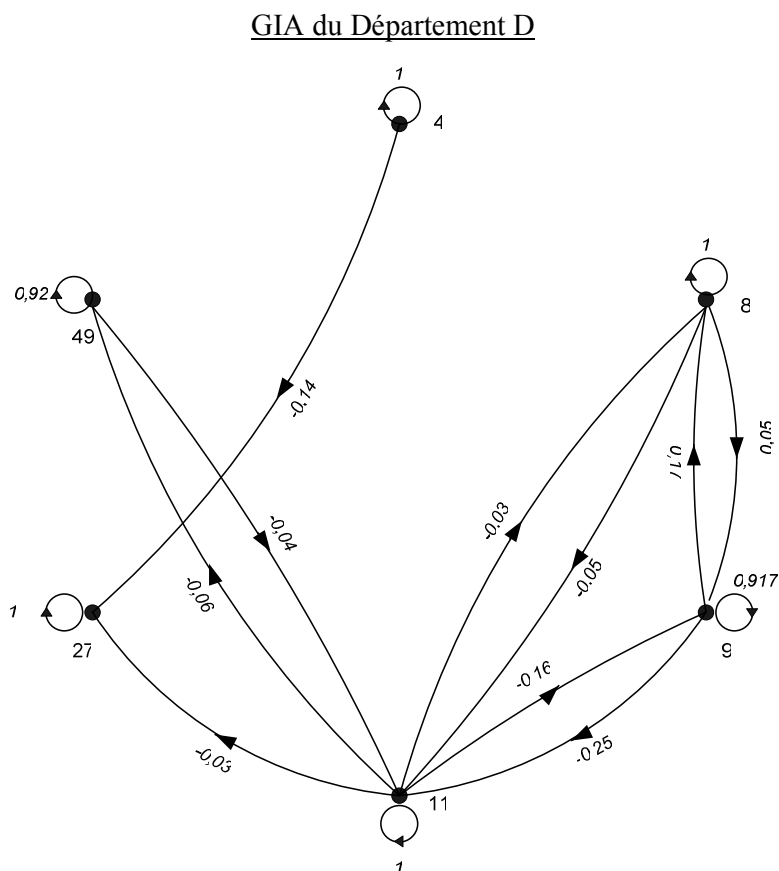
³¹ C'est également celui qui est le plus central selon la centralité de degré (position). On ne peut pas ici évaluer la centralité d'intermédiarité et celle de proximité parce que des pôles de la structure sont isolés des autres.

	4	8	9	11	27	49
4					1	
8			1	1		
9		2	1	3		
11		1	5		1	2
27						
49				1		2

TI	EXT	MEM	TS
1	5	1	7
2	6	11	19
6	2	4	12
9	23	0	32
0	9	9	18
3	22	0	25

TI	0	3	7	5	2	4
EXT	7	16	5	19	16	13
CRE	0	0	0	8	0	8
TE	7	19	12	32	18	25

L'activité informationnelle y est mieux répartie autour de la diagonale principale que dans le département précédent. De plus, elle concerne un plus grand nombre de pôles, seul un pôle sur six n'étant pas du tout émetteur d'information³².



³² Trois éléments au moins de la vie réelle de ce département permettent de mettre en perspective ces deux points : la moyenne d'âge y est plus faible que celle des autres départements, ce qui suggère un usage plus habituel de la messagerie électronique ; un membre a été longtemps absent du lieu de travail, ce qui a probablement orienté une partie au moins de la communication en priorité vers ce support ; les membres du département sont parmi les plus sollicités pour les missions en entreprises et donc peu présents sur site sur les horaires de bureau.

Il exhibe un grand nombre de circularités partielles sous forme de relations bilatérales entre pôles, ce qui amortit la transmission de l'influence au sein de la sous-structure. Quoiqu'il en soit, la structure apparaît globalement comme fortement triangulaire avec comme pôle dominant le pôle 11. Grâce à une intensité dans les relations en moyenne supérieure (donnée par la valuation des arcs), c'est pourtant le pôle 9 qui est identifié comme dominant dans le GIA (avec un multiplicateur d'activité de 1,685) devant le pôle 11 qui a lui un multiplicateur de 1,403. C'est dans le GIR que le pôle 11 est identifié sans conteste comme dominant avec un multiplicateur d'activité égal à 1,516. Cela le place en effet loin devant le pôle 4 qui a quant à lui un multiplicateur à peine supérieur à 1 (annexe 12.4).

Les indicateurs structuraux sont synthétisés dans le tableau suivant :

Déterminant minimum (Δ_{\min})	0,221
Déterminant maximum (Δ_{\max})	1
Déterminant de la structure (Δ)	0,794
Taux d'autarcie polaire (a)	0,201
Taux d'interdépendance (i)	0,063
Taux de dépendance (t)	0,736
Ratio i/t	0,086
Taux de diffusion directe (d)	0,736
Ratio (i/t)*d	0,063

Compte tenu du niveau élevé des coefficients d'importation de ressources externes, le déterminant minimum est assez élevé. Le déterminant associé au département est également élevé malgré les circularités partielles et suggère une structure où la diffusion de l'influence est forte, ceci étant associé à un taux de diffusion directe élevé. Même si le taux d'interdépendance est supérieur à celui du département C (6,3% contre moins de 1%), la configuration du département est clairement triangulaire comme l'attestent le taux de dépendance égal à 73,6% et surtout la valeur du ratio i/t égale à 8,6%. Les flux de communication par mail donc la circulation de l'information y est fortement hiérarchisée.

3.2.5/ Le département E

Constitué de seulement 4 pôles, ce département a une structure assez triviale. Les flux internes sont principalement à destination du pôle 5 comme le montre le tableau des flux suivant :

	5	14	37	46
5			1	
14	1			
37	1			2
46	2		1	

TI	EXT	MEM	TS
1	12	16	29
1	44	0	45
3	9	0	12
3	13	1	17

TI	4	0	2	2
EXT	25	34	9	15
CRE	0	11	1	0
TE	29	45	12	17

Nous ne sommes donc pas étonnés à l'étude des indicateurs structuraux de retrouver un taux de dépendance proche de l'unité :

Déterminant minimum (Δ_{\min})	0,634
Déterminant maximum (Δ_{\max})	1
Déterminant de la structure (Δ)	0,987
Taux d'autarcie polaire (a)	0
Taux d'interdépendance (i)	0,036
Taux de dépendance (t)	0,964
Ratio i/t	0,038
Taux de diffusion directe (d)	0,964
Ratio (i/t)*d	0,036

La très forte dépendance vis-à-vis de l'extérieur se retrouve dans la valeur très élevée du déterminant minimum. Le pôle 37 se détache de manière infime dans l'ordre de multiplication mais aucun pôle ne domine la structure selon l'ordre d'élasticité avec des multiplicateurs très proches les uns des autres (annexe 12.5).

3.2.6/ Le département F

Les résultats du département F sont selon nous plus intéressants. Le tableau des échanges associé à ce département est reproduit ci-dessous :

	6	12	13	18	24	32
6					1	1
12	1		2		7	1
13		1				
18						
24	1	1	1	1		1
32		1				2

TI	EXT	MEM	TS
2	48	11	61
11	7	0	18
1	6	3	10
0	1	4	5
5	11	5	21
3	4	6	13

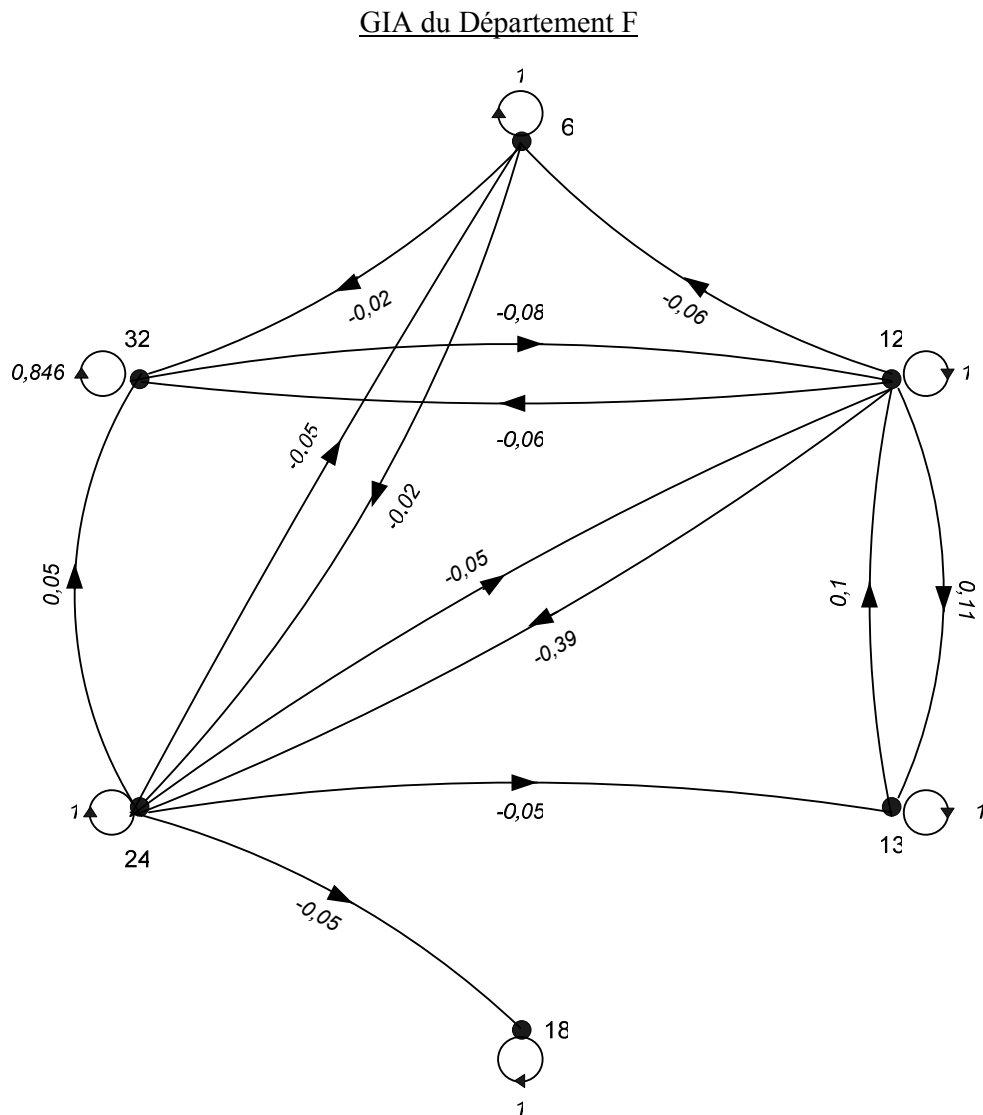
TI	2	3	3	1	8	5
EXT	59	15	7	4	13	8
CRE	0	0	0	0	0	0
TE	61	18	10	5	21	13

Cette sous-structure est comme toutes les autres assez largement dépendante des flux informationnels externes, ce qui laisse présager un déterminant minimum assez élevé. Compte tenu du montant de flux entrants, on peut par ailleurs considérer que les échanges intra-département sont faibles, ce qui encore une fois une caractéristique assez largement partagée par les autres départements.

Néanmoins, si les 6 pôles membres du département F échangent peu de mails entre eux, on peut remarquer qu'ils le font de manière assez homogène : seul le pôle 18 n'est pas émetteur d'information à destination de ses collègues. Ensuite, le pôle 12 se distingue par l'intensité de la relation qui le lie au pôle 24 (7 mails envoyés par le premier au second) alors que le pôle 24 lui-même est celui qui diffuse le plus largement aux autres membres du département. Pour ces deux raisons, les pôles 12 et 24 sont susceptibles d'apparaître comme dominants dans le graphe d'influence absolue ainsi que dans l'ordre de multiplication.

En ce qui concerne la caractérisation globale de la sous-structure, la répartition des flux autour de la diagonale principale suggère qu'un certain nombre de circularités (partielles puisque le tableau d'échanges est incomplet) freine la diffusion de l'influence, avec pour conséquence un déterminant inférieur à sa borne supérieure.

Le graphe d'influence absolue du département F est reproduit ci-dessous :



Cette représentation permet d'identifier plus nettement les nombreuses circularités partielles qui prennent largement la forme de relations bilatérales qui lient par exemple le pôle 12 aux pôles 13, 24 et 32 ou encore le pôle 24 aux pôles 6 et 12. L'influence transmise par le pôle 12 au pôle 24 est fortement asymétrique à l'avantage du premier, ce qui lui confère un rôle dominant que confirment les ordres de multiplication du G.I.A. et du G.I.R. (annexe 12.6). Le pôle 24 serait considéré comme dominant (central en termes de position) à partir d'une analyse qualitative du graphe, ce qui appuie encore une fois l'intérêt de l'analyse structurale par la théorie des graphes d'influence par rapport aux indicateurs habituellement utilisés pour mesurer le pouvoir des pôles dans un réseau ou une organisation.

Déterminant minimum (Δ_{\min})	0,172
Déterminant maximum (Δ_{\max})	1
Déterminant de la structure (Δ)	0,813
Taux d'autarcie polaire (a)	0,186
Taux d'interdépendance (i)	0,04
Taux de dépendance (t)	0,774
Ratio i/t	0,052
Taux de diffusion directe (d)	0,774
Ratio (i/t)*d	0,04

En cohérence avec ce qui a été développé sur la base des ordres de multiplication et de l'analyse du graphe d'influence absolue, les indicateurs structuraux nous permettent de conclure que la structure du département F est triangulaire. Les relations intra-département sont en effet des relations de dépendance à presque 95% comme l'indique le ratio i/t égal à 0,052.

3.2.7/ Le département G

Constitué également de 6 pôles, le département G est caractérisé par une activité informationnelle représentée dans le tableau ci-dessous :

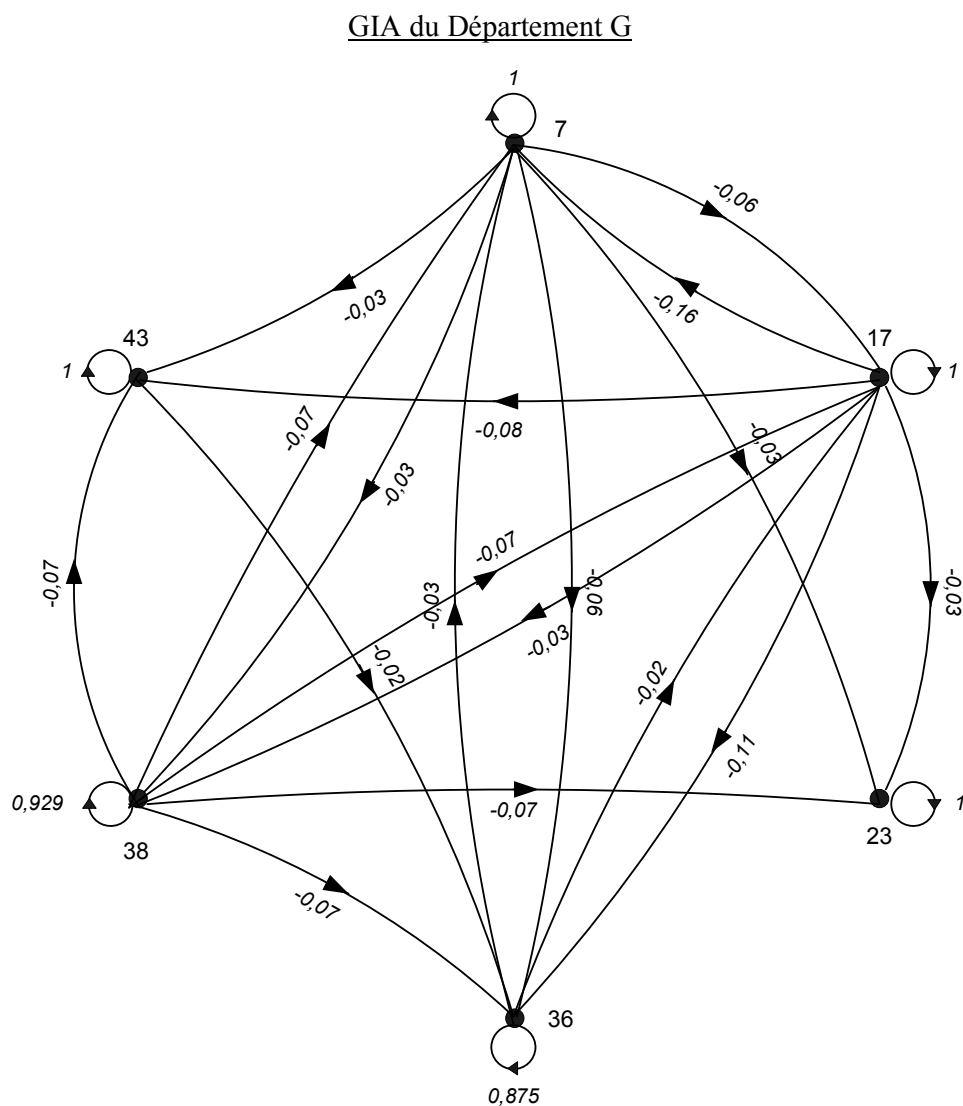
	7	17	23	36	38	43
7		2	1	2	1	1
17	6		1	4	1	3
23						
36	2	1		8		
38	1	1	1	1	1	1
43				1		

TI	EXT	MEM	TS
7	27	0	34
15	23	0	38
0	2	5	7
11	18	35	64
6	8	0	14
1	46	0	47

TI	9	4	3	16	3	5
EXT	23	23	4	48	4	33
CRE	2	11	0	0	7	9
TE	34	38	7	64	14	47

Ce département est un gros pourvoyeur d'informations, cette dernière circulant assez largement à travers la structure à l'exception du pôle 23 qui n'envoie rien aux autres membres. Le tableau des échanges est quasiment complet autour de la diagonale principale, ce qui indique un grand nombre de circularités et donc un amortissement de la diffusion de l'influence dans la sous-structure.

Ci-dessous, le graphe d'influence absolue associé au département G capture bien l'ensemble de ces circularités partielles.



Compte tenu du grand nombre de relations dans cette sous-structure, il est plus difficile d'en déterminer les pôles dominants à partir d'une simple lecture du graphe. Les multiplicateurs d'activité nous informent à ce sujet que les pôles 38 et 17 sont dominants dans ce département

avec un multiplicateur d'activité de 1,537 pour le premier dans le GIA et un multiplicateur d'activité de 1,459 pour le second dans le GIR (annexe 12.7). De plus, dans la mesure où le pôle 38 transmet de l'information à tous les autres pôles de la structure, cela qui lui confère une centralité de degré dans le graphe non valué. Ce pôle associe donc deux caractéristiques de dominance, une qualitative liée à sa position centrale dans la structure de communication intra-département, l'autre quantitative mesurée par son influence globale absolue sur l'activité informationnelle de son département.

Par contre l'intensité moyenne des liaisons entre le pôle 17 et les autres pôles auxquels il est relié lui donne un avantage décisif en termes d'influence relative. On remarque en effet que ce pôle influence directement à plus de 10% deux autres pôles de la structure, ce qui lui accorde un poids relatif plus important que celui du pôle 38.

Déterminant minimum (Δ_{\min})	0,198
Déterminant maximum (Δ_{\max})	1
Déterminant de la structure (Δ)	0,797
Taux d'autarcie polaire (a)	0,234
Taux d'interdépendance (i)	0,019
Taux de dépendance (t)	0,747
Ratio i/t	0,025
Taux de diffusion directe (d)	0,747
Ratio (i/t)*d	0,019

Les indicateurs structuraux confirment la nature triangulaire de ce département avec un taux de dépendance de 74,7%. Par ailleurs, le déterminant de la structure est élevé (proche de 0,8), ce qui nous permet de remarquer que l'amortissement de la diffusion de l'influence dû aux nombreuses circularités est finalement assez modéré.

Un autre élément remarquable de la configuration structurale du département G est la faiblesse du ratio i/t égal à 2,5%. Cela signifie que presque 100% de la transmission de l'influence informationnelle est marquée du sceau de la dépendance dans cette structure, alors même que les nombreuses circularités visibles sur le graphe d'influence absolue auraient pu nous suggérer une interdépendance entre membres plus élevée. Cela illustre assez bien selon

nous la nécessité d'articuler les différentes dimensions de notre approche structurale pour définir le type de configuration auquel nous sommes confrontés.

3.2.8/ Le département H

Le dernier département considéré est composé de 9 pôles. Le tableau suivant retrace les flux d'information internes à ce département :

	19	22	25	26	39	40	42	44	47
19						1			
22		1		1				2	
25			1	1	1				
26	1	1	1		1	1	1	1	1
39			3						
40						5			
42				1					
44		1		1				1	
47				2					

TI	EXT	MEM	TS
1	13	7	21
4	2	1	7
3	14	0	17
8	6	0	14
3	25	27	55
5	0	6	11
1	5	4	10
3	6	0	9
2	4	0	6

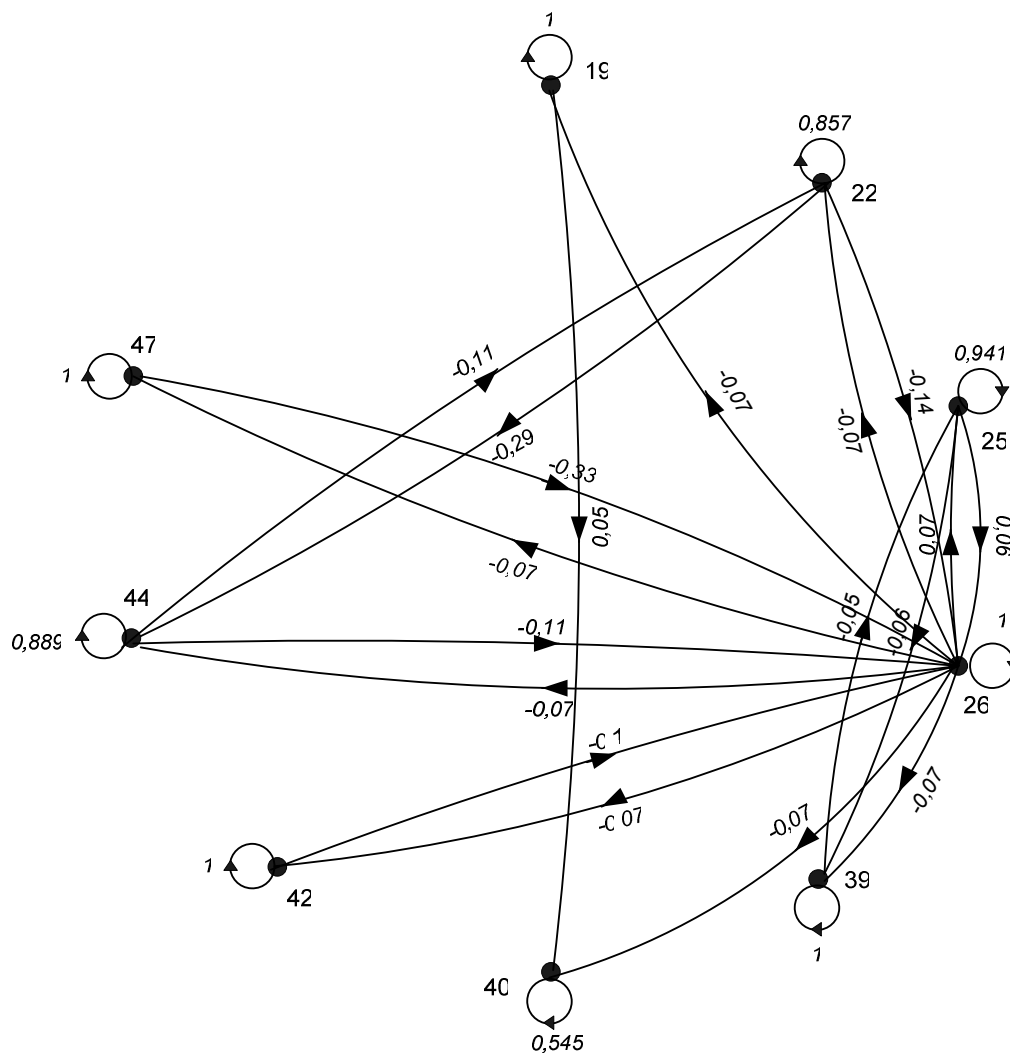
TI	1	3	5	6	2	7	1	4	1
EXT	20	4	11	7	53	4	9	3	4
CRE	0	0	1	1	0	0	0	2	1
TE	21	7	17	14	55	11	10	9	6

Compte tenu de la taille de cette sous-structure, supérieure à la moyenne des départements, on peut s'étonner de la faiblesse relative de l'activité informationnelle qui s'y déroule. Avant d'aller plus loin dans l'analyse, les éléments relatifs au tableau d'échanges intra-département suggèrent plusieurs remarques.

Tout d'abord, presque la moitié des pôles sont autofournisseurs³³. Compte tenu du volume faible de mails transitant dans la sous-structure, cela devrait correspondre à un taux d'autarcie polaire assez élevé. Ensuite, le pôle 39 reçoit beaucoup d'informations de l'extérieur et les transmet peu en interne, la plupart étant finalement mémorisée ou à destination de l'extérieur de la structure. Par ailleurs, le pôle 26 est le seul à communiquer avec l'ensemble des membres (8 flux intra-département au total) et le graphe d'influence absolue qui suit capture cette caractéristique qui lui confère une centralité de degré dans le département :

³³ Nous rappelons qu'il s'agit pour un individu de transférer ou d'envoyer sur sa messagerie interne des informations à partir d'un ordinateur (poste) localisé en dehors de l'organisation.

GIA du Département H



On remarque sur le graphe que la plupart des relations entre pôles sont des relations dyadiques, souvent à forte intensité comme l'indiquent les valeurs des coefficients de débouchés supérieures à 10%. Elles correspondent à des circularités partielles fortes, qui viennent s'ajouter aux autarcies polaires, susceptibles d'amortir considérablement la diffusion de l'influence dans le département. Ceci nous invite à anticiper que le déterminant associé à la sous-structure va être significativement plus faible que les déterminants respectifs des autres départements étudiés.

L'ordre de multiplication dans le G.I.A. atténue la dominance de position du pôle 26 en identifiant le pôle 22 comme dominant. Ce pôle reçoit peu d'informations de l'extérieur comparativement aux autres mais il en diffuse la majeure partie sous forme de flux intra-

département. L'ordre d'élasticité est beaucoup moins net. S'il place à nouveau le pôle 22 comme dominant, la faiblesse des écarts entre les indicateurs respectifs des pôles suggère une structure relativement peu hiérarchisée selon ce critère (annexe 12.8).

Plus globalement, du point de vue des indicateurs structuraux, le département H semble relever d'une configuration atypique par rapport aux autres (en faisant exception du département B composé de seulement deux individus). Conformément à notre remarque préliminaire suscitée par la lecture du tableau d'échanges, le taux d'autarcie polaire est élevé et très largement supérieur au taux d'interdépendance et au taux de dépendance. L'analyse du graphe suggérait de plus une certaine dépendance des pôles qui est capturée par le ratio i/t égal à 0,128. Si les relations entre pôles sont ainsi à 87,2% des relations de dépendance, cela ne doit pas nous faire oublier qu'elles sont aussi interdépendantes à presque 13%, ce qui constitue la proportion d'interdépendance la plus élevée parmi celles identifiées dans les autres départements.

Déterminant minimum (Δ_{\min})	0,032
Déterminant maximum (Δ_{\max})	1
Déterminant de la structure (Δ)	0,35
Taux d'autarcie polaire (a)	0,629
Taux d'interdépendance (i)	0,042
Taux de dépendance (t)	0,329
Ratio i/t	0,128
Taux de diffusion directe (d)	0,329
Ratio $(i/t)*d$	0,042

3.3/ Discussion des résultats³⁴

Les résultats que nous avons produits s'accompagnent d'un certain nombre de limites que nous ne saurions passer sous silence. Tout d'abord, même si la pertinence de l'étude des flux associés à l'utilisation de la messagerie électronique fait l'objet d'un large consensus dans la communauté scientifique, l'envoi et la réception d'e-mails ne constituent qu'un moyen parmi d'autres de transmission d'information. L'image de la firme processeur d'information qui est donnée dans notre étude est de ce point de vue partielle. Ensuite, la quantification des flux d'information transitant dans la structure est réalisée en supposant que ces flux sont homogènes et pertinents pour la prise de décision. Cela évacue de notre modèle un problème qui n'est toujours pas résolu en sciences économiques, c'est-à-dire le problème de la valeur de l'information. Par ailleurs, la période de référence que nous avons choisie est assez courte, avec comme conséquence principale le fait que le nombre de flux internes peut être considéré comme relativement faible, au moins dans certains départements. Ainsi au niveau local, comme le nombre d'échanges est limité, les résultats sont très sensibles à l'envoi d'un mail collectif à l'ensemble des collègues, ce qui est parfaitement non repérable dans la mesure où nous n'avons eu accès qu'à des données pré-filtrées afin de respecter la réglementation. C'est certainement une limite générale de l'approche³⁵.

Lorsqu'ils ne relevaient pas d'une contrainte exogène (par exemple une contrainte réglementaire sur le contenu des mails), ces choix de modélisation ont été justifiés à la fois sur les plans théoriques et méthodologiques au cours du développement mais les limites qui leur sont associées doivent évidemment nous inciter à rechercher des voies d'amélioration de notre travail.

Dans le cadre du modèle développé tout au long de notre thèse, l'analyse que nous venons de mener présente au moins quatre éléments intéressants pour notre propos :

1) en ce qui concerne la cohérence entre les ordres de multiplication et l'indicateur de centralité de position, on a globalement des résultats en termes de multiplicateur qui prolongent les indicateurs de centralité (la centralité de degré étant mesurée par le nombre de liens sortants entre un pôle et le reste de la structure). Les différences sont liées à l'enrichissement de la nature des liens entre pôles par la valuation des arcs. Une conclusion

³⁴ La synthèse des principaux éléments de l'analyse est donnée dans l'annexe 13.

³⁵ Un bon exemple de ce problème est le rôle central du pôle 26 (Directeur du département) dans le département H alors que la configuration des flux laisse penser qu'il s'agit d'un mail envoyé à l'ensemble des collègues, c'est-à-dire d'une information qu'il est inutile de transmettre puisque chacun sait que les autres l'ont eue.

partielle est que les ordres de multiplication valident davantage l'intensité des relations que la position topologique : un pôle qui transmet de l'information à un nombre faible d'autres pôles mais de manière forte est plus dominant qu'un pôle qui transmet à beaucoup mais avec une intensité faible. On retrouve ici l'articulation entre ce qui relève de l'étendue de la dominance et ce qui relève de l'intensité de la dominance (Lantner, 1974) ;

2) en ce qui concerne l'articulation entre hiérarchie informelle et hiérarchie formelle, nous remarquons que nos résultats sont de différente nature. Tout d'abord, au niveau de la structure globale, les pôles 44, 45 et 38 apparaissent comme dominants selon le critère des multiplicateurs d'activité alors qu'ils sont, au vu de notre connaissance de l'organisation, parmi les plus discrets dans la structure. Ce résultat pourrait paraître surprenant s'il ne constituait pas un fait stylisé identifié notamment par Garton & Wellman (1995, p. 446) qui énoncent qu'un « e-mail a le potentiel pour donner aux gens à statut faible plus d'accès à l'information et au pouvoir informationnel ». Ceci est parfaitement cohérent avec l'analyse économique de Rajan & Zingales (1998, 2001) qui définissent le pouvoir d'un agent comme sa capacité d'accès aux ressources critiques. Dans la firme processeur d'information, la messagerie électronique est un moyen d'accéder à la ressource critique, c'est-à-dire l'information. En d'autres termes, elle est un vecteur de pouvoir.

Ensuite, toujours dans la structure globale, le pôle 17 identifié comme central est actuellement en charge de la réflexion sur la réforme pédagogique dans le programme « Grande Ecole » mais ne l'était pas au moment de l'étude. Peut-être peut on remarquer, mais seulement *a posteriori*, que c'était un bon choix de mobiliser sur cette fonction nécessitant une collaboration active des membres de l'organisation un individu au centre des flux de communication des enseignants-chercheurs.

Au niveau local qui est celui des sous-structures, le pôle central et dominant du département D en termes d'influence relative est la Directrice (officiuse à l'époque) du département. Dans le département F, le pôle dominant au niveau des deux multiplicateurs est le Directeur du Département. Dans le département H enfin, le pôle central est le Directeur du Département. Dans les autres cas, l'analyse identifie un écart fort entre l'activité informationnelle des agents et leur rôle hiérarchique. Notre étude montre donc qu'il existe une ambivalence entre la hiérarchie formelle et la hiérarchie informelle représentée par les relations informationnelles entre pôles ;

3) au sujet de la méthodologie employée, l'étude de la structure au niveau des départements a permis de mettre en perspective les enseignements tirés de la visualisation des tableaux et des graphes avec ceux produits par l'analyse des indicateurs structuraux. Ce point est selon nous particulièrement crucial dans la mesure où la plupart des structures que l'on étudie dans l'économie réelle sont de grande taille. Cela signifie que les tableaux d'échanges qui leur sont associés ainsi que les graphes correspondants sont généralement inutilisables s'ils ne sont pas associés à d'autres indicateurs. Toutes les recherches récentes autour du concept de « small world » ou traitant des propriétés structurales du World Wide Web (le réseau internet) en sont une bonne illustration. Les graphes d'influence absolue que nous avons tracés dans l'analyse des sous-structures nous ont ainsi permis d'appréhender visuellement, particulièrement dans le cas des départements C, D, E et H, un certain nombre d'informations données par les indicateurs structuraux ;

4) en ce qui concerne l'articulation entre les différents niveaux d'analyse de la structure, nos résultats montrent que l'organisation étudiée a une configuration plutôt circulaire au niveau global et largement triangulaire au niveau local. En d'autres termes, les relations entre individus sont globalement interdépendantes lorsque l'on considère l'organisation dans son ensemble alors qu'elles sont plutôt hiérarchisées (dépendantes) lorsque l'on s'intéresse aux sous-structures que sont les départements. Dans le cadre de l'approche de Rajan & Zingales (1998, 2001), cela signifie que l'accès à l'information est relativement restreint au sein des départements mais relativement ouvert en dehors.

Conclusion du chapitre 5

A partir de notre base de données décrivant les relations informationnelles entre membres d'une organisation concrète, nous avons cherché dans ce dernier chapitre à proposer une quantification des relations de pouvoir intra-organisationnel.

Après avoir montré en quoi la structure étudiée et le type de flux considéré relevaient bien de la vision de la firme processeur d'information présentée au chapitre 1, après avoir justifié d'un point de vue méthodologique le choix de la base que nous avons traitée, nous sommes attachés au développement de l'analyse structurale de l'organisation pour en déterminer les grandes caractéristiques. Celles-ci ont été identifiées à l'aide des principaux indicateurs issus de la théorie des graphes d'influence présentée au chapitre 4, dont nous pouvons conclure

qu'elle prolonge et affine de manière sensible les indicateurs habituels associés aux approches structurales présentées au chapitre 3. Nos résultats montrent notamment la nécessité de compléter les indicateurs de centralité (en particulier la centralité de position) par l'intensité des liens qui relient le pôle central (selon ce critère) aux autres. Par ailleurs, nos résultats distinguent deux ordres de multiplication, respectivement associés au Graphe d'Influence Absolue et au Graphe d'Influence Relative et précisent de ce fait la sensibilité des relations de pouvoir intra-organisationnel aux caractéristiques informationnelles de chaque pôle, vis-à-vis des flux internes mais également au regard des flux externes.

Finalement, l'organisation que nous avons étudiée n'est pas caractérisée de la même manière selon que l'on se place du point de vue global ou du point de vue local. Au niveau de la structure prise dans son ensemble, les relations entre membres peuvent être qualifiées d'interdépendantes. Par contre, au niveau des sous-structures qui la composent, c'est-à-dire au niveau des départements, les relations entre pôles sont très largement des relations de dépendance. A partir de la définition donnée par Emerson (1962) et présentée au chapitre 3, nous pouvons donc caractériser le pouvoir dans l'organisation comme étant relativement dilué au niveau global et très prégnant au niveau des départements, dans lesquels nous avons généralement identifié clairement un pôle dominant.

La nature « schizophrène » de l'organisation étudiée en ce qui concerne le pouvoir nous permet ainsi d'enrichir à la fois la littérature sur les mails présentée en début de chapitre et la littérature micro-économique contemporaine présentée au chapitre deux. Ce résultat suggère en effet, dans le contexte de notre organisation concrète, que la discrétion s'exerce plutôt dans le cadre des relations avec les membres extérieurs au département alors que l'autorité s'exerce quant à elle davantage dans le cadre des relations intra-département. Si l'on se réfère à l'approche de Rajan & Zingales (1998, 2001), il suggère par ailleurs que l'accès à la ressource critique que constitue l'information est relativement ouvert au niveau global mais fortement restreint au niveau des départements.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion générale

Partant du constat que les approches économiques de la firme pouvaient être prolongées sur la base d'une articulation entre information, organisation et pouvoir, l'objectif de la thèse était triple :

- 1) il s'agissait tout d'abord de proposer un concept de pouvoir qui trouve sa place dans une approche économique de l'organisation. Ce concept devait être opérationnel au sens où il devait permettre d'identifier les agents ou catégories d'agents dominants dans une organisation en fonction de critères déterminés ;
- 2) ensuite, il fallait qu'elle soit en mesure d'affiner la compréhension des mécanismes complexes au sein de l'organisation en complétant l'analyse des relations dyadiques (ou bilatérales) qui sont déjà parfaitement décrites dans les théories de l'agence ;
- 3) enfin, son objectif n'était pas d'établir une nouvelle théorie normative de la firme processeur d'information, centrée sur la détermination des décisions individuelles optimales et la caractérisation des structures efficaces, mais bien de proposer un cadre qui serve d'analyse aux structures concrètes. Pour cela, elle se devait d'en proposer une illustration dans le monde réel.

En premier lieu, il a fallu passer en revue les travaux reliant explicitement la firme (ou l'organisation) avec les dimensions de l'information susceptibles de remettre en cause un certain nombre de faits stylisés de la science économique (Stiglitz, 2003, 2004). Nous avons ainsi montré, à la suite de Fransman (1994) en quoi l'on pouvait largement qualifier l'organisation économique de « processeur d'information ». Sur la base d'une approche qui fonde la théorie des équipes, celle de Marschak (1959, 1960), nous avons défini la firme comme une structure d'échange d'information en attribuant à cette dernière le sens habituel que lui donnent les économistes, à savoir celui d'un ensemble de messages associés à un support de communication. La mise en perspective des prolongements récents de cette théorie d'un point de vue normatif avec les travaux d'inspiration sociologique nous a amené à distinguer deux types de directions à explorer dans le cadre de cette vision économique de la

firme : l'analyse des structures organisationnelles et l'analyse du pouvoir engendré notamment par les asymétries informationnelles entre les membres de ces structures.

Après avoir identifié les apports et les limites des travaux sur les structures, nous avons tout d'abord concentré nos efforts sur la seconde voie de recherche, en explorant les approches économiques du pouvoir. Au-delà de la posture des auteurs radicaux qui font l'hypothèse d'existence du pouvoir comme préalable à l'explication des phénomènes économiques, nous avons alors montré qu'il était possible d'identifier un potentiel pour l'analyse des phénomènes de pouvoir dans un cadre standard (Bartlett, 1989). Nous avons par ailleurs trouvé dans la littérature microéconomique contemporaine un certain nombre de tentatives d'intégration explicite de la problématique du pouvoir dans l'étude des mécanismes de coordination intra-firme. Les deux défauts majeurs de cette littérature résident selon nous d'une part dans son incapacité à définir sans ambiguïté le concept de pouvoir (ce qui rend cette littérature partiellement incompatible avec notre premier objectif), d'autre part dans sa manière de penser les relations au sein de la firme uniquement en termes de liens bilatéraux (incompatibilité avec notre deuxième objectif). Néanmoins, nous en avons tiré un apport majeur, son ouverture vers les travaux d'autres sciences sociales, qui a fondé notre démarche pragmatique vis-à-vis des enseignements des sciences de gestion et de la sociologie des organisations (Lazear, 2000), démarche sur laquelle nous nous sommes appuyés dans la suite du travail.

Cette démarche nous a permis dans un premier temps d'isoler, à la suite d'Emerson (1962), une définition du pouvoir comme inverse de la dépendance. Cette étape fut importante dans la mesure où elle nous a permis d'entrevoir une articulation entre pouvoir, information et organisation dans trois types d'approches sociologiques distinctes : les théories de la contingence structurelle, de la dépendance vis-à-vis des ressources et des réseaux sociaux. Dans un deuxième temps nous avons décortiqué les indicateurs utilisés par ces approches permettant d'opérationnaliser le concept de pouvoir ainsi défini : des indicateurs qualitatifs de centralité d'une part, des multiplicateurs d'activité d'autre part.

Notre recherche nous a conduit à retenir une approche plus fine permettant d'articuler de manière opérationnelle information, organisation et pouvoir : la théorie des graphes d'influence (Lantner, 1974). En cohérence avec nos définitions concernant le concept d'information et la notion de firme processeur d'information, cette approche se décline en une

théorie de la dominance informationnelle (Lantner, 1996) qui couvre les trois objectifs de la thèse.

Pour le montrer, nous avons proposé une analyse du pouvoir intra-organisationnel dans une firme processeur d'information concrète. Les résultats que nous en tirons (en évitant naturellement toute tentation d'en faire une généralité) questionnent de notre point de vue les approches économiques de l'organisation au moins à trois niveaux :

- ils mettent en perspective l'articulation entre la structure globale et les sous-structures qui la constituent. Le pouvoir dans l'organisation concrète étudiée est ainsi localisé clairement au niveau des secondes, alors qu'il apparaît être beaucoup plus diffus au niveau de la structure globale ;
- ce faisant, ces résultats montrent que la relation entre discrétion et autorité discutée dans les approches contemporaines de la firme est complexe dans le cadre de notre illustration : l'autorité est clairement repérable au niveau des relations internes aux sous-structures, alors que la discrétion l'est davantage dans les relations externes à ces mêmes sous-structures ;
- ils montrent également que le parallèle entre hiérarchie formelle et hiérarchie informelle n'est pas assuré. Ils vont de ce point de vue dans le sens de certains faits stylisés identifiés dans la littérature sur le repérage des « communautés de pratiques » par l'intermédiaire de l'étude des flux de courriers électroniques, littérature qui justifie l'usage et la construction de notre base de données.

Ces résultats alimentent par ailleurs en partie les modèles théoriques de la microéconomie contemporaine inspirés par celui de Rajan & Zingales (1998, 2001). Notre mesure des indicateurs de pouvoir en termes de dépendance vis-à-vis des fournitures en informations s'apparente ainsi à une mesure du degré d'accès à la ressource critique dans le cadre de l'activité de l'organisation.

Parmi les perspectives ouvertes par notre essai de quantification de la firme processeur d'information, nous voudrions en introduire plus particulièrement deux étroitement liées sur lesquelles nous élaborons actuellement un programme de recherche.

La première perspective concerne le prolongement de notre analyse des flux informationnels, non plus au niveau d'une organisation, mais au niveau d'un réseau d'organisations. Il s'agirait ainsi de passer d'une analyse de flux intra-organisationnels à celle de flux inter-organisationnels. Nos résultats montrent déjà la manière dont les travaux de Salancik (1986) pourraient être prolongés de manière pertinente à la fois au niveau théorique et méthodologique. Au niveau théorique, nous avons montré en quoi l'hypothèse d'offre dominante nous semblait préférable à celle de demande dominante pour étudier les structures d'échanges informationnels. Sur le plan méthodologique, la théorie des graphes d'influence nous permet de distinguer différents niveaux d'analyse (global, local) et de qualifier les structures ainsi étudiées en termes de dépendance et d'interdépendance. L'analyse des flux de citations entre les revues académiques, qu'il s'agirait de reprendre et de développer sur cette base, pourrait de plus être menée sur longue période, afin d'étudier la dynamique de ce type de structure ; il conviendrait au préalable d'enrichir la portée analytique des indicateurs structuraux issus de la théorie des graphes d'influence, indicateurs extrêmement sensibles à la taille des structures étudiées.

La deuxième perspective concerne plus spécifiquement la capacité de la théorie des graphes d'influence à déterminer les différents niveaux locaux pertinents d'analyse de manière endogène (des clusters, communautés de pratiques, etc.). Il s'agit de dépasser la méthodologie proposée par Gazon (1976, 1981) qui ne repose que sur l'identification de composantes fortement connexes d'une structure d'échange, déterminées indépendamment de la valuation des arcs liant les pôles entre eux. Nous travaillons actuellement à développer des algorithmes de clustering inspirés de la théorie des graphes d'influence et proches dans l'esprit de ceux proposés par Girvan & Newman (2001), avec pour différence essentielle qu'ils s'appliqueraient à des graphes à la fois orientés et valués.

Plus globalement, si les perspectives énoncées ci-dessus nous entraînent dans le prolongement immédiat de la méthodologie utilisée dans cette thèse, elles ne nous dispensent pas de continuer à creuser les débats concernant l'articulation entre information, organisation et pouvoir, autour de deux axes au moins : d'une part le dépassement de la vision mécanique de la firme dans laquelle nous avons inscrit notre démarche, d'autre part la construction d'un concept d'information plus complexe et opérationnel qui rende davantage compte des différentes dimensions auxquelles est associé ce concept dans la vie économique concrète.

<p>REFERENCES</p> <p>BIBLIOGRAPHIQUES</p>

Références

bibliographiques

- AGHION P. & TIROLE J. (1997), « Formal and real authority in organizations », Journal of Political Economy, vol. 105, n°1, pp. 1-29.
- AKERLOF G.A. (1970), « The market for lemons : quality uncertainty and the market mechanism », The Quarterly Journal of Economics, vol. 84, n°3, pp. 488-500.
- ALCHIAN A.A. & DEMSETZ H. (1972), « Production, information costs, and economic organization », American Economic Review, vol. 62, n°6, pp. 777-795.
- ALCHIAN A.A. (1950), « Uncertainty, evolution and economic theory », Journal of Political Economy, vol. 58, n°3, pp. 211-221.
- ALTER N. (1985), La bureaucratie dans l'entreprise, Editions Ouvrières, Paris.
- ALTER N. (1991), La gestion du désordre en entreprise, L'Harmattan, Paris.
- ALTER N. (1993), « Innovation et organisation: deux légitimités en concurrence », Revue Française de Sociologie, vol. 34, n°2, pp. 175-197.
- ARROW K. J. (1963), « Uncertainty and the welfare economics of medical care », American Economic Journal, vol. 53, n°5, pp. 941-973.
- ARROW K.J. (1974), « Limited knowledge and economic analysis », American Economic Review, vol. 64, n°1, pp. 1-10.
- ARROW K.J. (1976 [1974]), Les limites de l'organisation, collection Sup, P.U.F., traduction française de The limits of organization, The FELS lectures on public policy analysis, W.W. Norton & Company, New York.
- ARROW K.J. (1985), « The economics of agency » in PRATT J. & ZECKHAUSER R. (eds.), Principals and agents: the structure of business, Harvard University Press, pp. 37-51.
- ARROW K.J. & DEBREU G. (1954), « Existence of equilibrium for a competitive economy », Econometrica, vol. 22, n°3, pp. 265-290.
- ASTLEY W.G. & SACHDEVA P.S. (1984), « Structural sources of intraorganizational power : a theoretical synthesis », Academy of Management Review, vol. 9, n°1, pp. 104-113.
- ATLAN H. (1972), L'organisation biologique et la théorie de l'information, Hermann, Paris, 300 p.
- AUJAC H. (1960), « La hiérarchie des industries dans un tableau d'échanges interindustriels », Revue Economique, n°2, pp. 169-238.

- AZARIADIS C. (1975), « Implicit contracts and underemployment equilibria », Journal of Political Economy, vol. 83, n°6, pp. 1183-1202.
- BACHRACH P. & BARATZ M.S. (1970), Power and poverty : theory and practice, Oxford University Press, 220 p.
- BAILY M. (1974), « Wages and employment under uncertain demand », Review of Economic Studies, vol. 41, n°1, pp. 37-50.
- BAKER D. & WEISBROT M. (1994), « The logic of contested exchange », Journal of Economic Issues, vol. 28, n°4, pp. 1091-1114.
- BAKER G., GIBBONS R. & MURPHY K.J. (1999), « Informal authority in organizations », The Journal of Law, Economics and Organizations, vol. 15, n°1, pp. 56-73.
- BARBER J.D. (1966), Power in committees : an experiment in the governmental process, Chicago, Rand McNally & co., 185 p.
- BARTLETT R. (1990), Economics and power : an inquiry into human relations and markets, Cambridge University Press, 209 p.
- BAVELAS A. (1948), « A mathematical model for group structures », Applied Anthropology, vol. 7, n°3, pp. 16-30.
- BECKER G.S. (1963), The economic approach to human behaviour, The University of Chicago Press, Chicago and London, 313 p.
- BERGE C. (1970), Graphes et hypergraphes, Dunod, Paris, 516 p.
- BOISSEVAIN J. (1974), Friends of friends : networks, manipulators and coalitions, Blackwell Publishers, 300 p.
- BOLTON P. & DEWATRIPONT M. (1994), « The firm as a communication network », The Quarterly Journal of Economics, vol. 109, n°4, pp. 809-839.
- BOLTON P. & DEWATRIPONT M. (2005), Contract Theory, The M.I.T. Press, 724 p.
- BONACICH P. (1987), « Power and centrality : a family of measures », The American Journal of Sociology, vol. 92, n°5, pp. 1170-1182.
- BONACICH P. & FRIEDKIN N.E. (1998), « Unequally valued exchange relations », Social Psychology Quarterly, vol. 61, n°2, pp. 160-171.
- BORLAND J. & EICHBERGER J. (1998), « Organizational form outside the principal-agent paradigm », Bulletin of Economic Research, vol. 50, n°3, pp. 201-227.
- BOTT R. & MAYBERRY J. P. (1954), « Matrices and trees », in MORGENSTERN O. (ed.), Economic activity analysis, John Wiley & Sons, New York , pp. 391-400.

- BOURGEOIS M. & FRIEDKIN N. E. (2001), « The distant core : social solidarity, social distance and interpersonal ties in core-periphery structures », Social Networks, vol. 23, n°4, pp. 245-260.
- BOWLES S. & GINTIS H. (1988), « Contested exchange : political economy and modern economic theory », American Economic Review, vol. 78, n°2, pp. 145-150.
- BOWLES S. & GINTIS H. (1993a), « The revenge of homo economicus : contested exchange and the revival of political economy », Journal of Economic Perspectives, vol. 7, n°1, pp. 83-102.
- BOWLES S. & GINTIS H. (1993b), « The democratic firm : an agency theoretic evaluation », in BOWLES S., GINTIS H. & GUSTAFSSON B. (eds.), Democracy and markets : participation, accountability and efficiency, Cambridge University Press, pp. 13-39.
- BOWLES & GINTIS (1999), « Power in competitive exchange », in BOWLES S., FRANZINI M. & PAGANO U. (eds.), The politics and economics of power, Routledge, New York, pp.13-30.
- BOWLES S., FRANZINI M. & PAGANO U. (1999), The politics and economics of power, Routledge, New York.
- BRASS D.J. (1984), « Being in the right place : a structural analysis of individual influence in an organisation », Administrative Science Quarterly, vol. 29, n°4, pp. 518-539.
- BRASS D. (2002), « Intraorganizational power and dependence », in BAUM J.A. (ed.), The Blackwell Companion to Organizations, Oxford University Press, pp. 138-157.
- BRASS D.J. & BURKHARDT M.E. (1992), « Centrality and power in organizations », in NOHRIA N. & ECCLES R.G. (eds.), Networks and organizations : structure, form and action, Harvard Business School Press, chapter 7, pp. 191-215.
- BRETON A. (1995), « Organizational hierarchies and bureaucracies: an integrative essay », European Journal of Political Economy, vol. 11, n°3, pp. 411-440.
- BRETON A. & WINTROBE R. (1982), The logic of bureaucratic conduct, Cambridge, Cambridge University Press, 206 p.
- BROUSSEAU E. (1993), L'économie des contrats : technologies de l'information et coordination interentreprises, PUF.
- BROUSSEAU E. (1998), commentaire à l'article de J. CREMER dans PETIT P. (éd.), L'économie de l'information : la science économique au défi des théories de l'information, Paris, La Découverte, pp. 292-295.
- BROUSSEAU E. & GLACHANT J.M. (2000) « Economie des contrats et renouvellement de l'analyse économique », Revue d'Economie Industrielle, n°92, pp. 23-50.

- BURCKHARDT M.E. & BRASS D.J. (1990), « Changing patterns or patterns of change : the effects of a change in technology on social network structure and power », Administrative Science Quarterly, vol. 35, n°1, pp. 104-127.
- BURT R.S. (1992), Structural holes : the social structure of competition, Harvard University Press, 323 p.
- BUSACKER R.G. & SAATY T.L. (1965), Finites graphs and networks : an introduction with applications, Mc Graw-Hill, 294 p.
- CAHUC (1993), La nouvelle microéconomie, Editions La Découverte, 124 p.
- CHADE H. & SCHLEE E.E. (2002), « Another look at the Radner-Stiglitz nonconcavity in the value of information », Journal of Economic Theory, vol. 107, n°2, pp. 421-452.
- CHAN Y.C. & LELAND H. (1982), « Prices & qualities in markets with costly information », Review of Economic Studies, vol. 49, n°, pp. 499-516.
- CHARREAUX G. (1989), « La théorie des transactions informelles : une synthèse », working paper FARGO 0890101, Université de Bourgogne.
- CHARREAUX G. (1990), « Un prolongement de la théorie de l'agence: la théorie des transactions informelles », Economie et Société, série SG, n°15, pp. 137-161.
- CHARREAUX G. (1999), « La théorie positive de l'agence : lecture et relectures... », dans KOENIG G. (ed.), De nouvelles théories pour gérer l'entreprise du XXIème siècle, Economica, pp. 61-141.
- CHARREAUX G. (2000), « La théorie positive de l'agence : positionnement et apports », Revue d'Economie Industrielle, n°92, pp. 193-214.
- CHARTRAND G. (1985), Introductory Graph Theory, Dover Publications Inc., New- York, 294 p.
- CHEUNG S.N.S. (1983), « The contractual nature of the firm », Journal of Law & Economics, vol. 26, n°1, pp. 1-21.
- CHILD J. (1972), « Organization structure and strategies of control : a replication of the Aston study », Administrative Science Quarterly, vol. 17, n°2, pp. 163-177.
- COASE R.H. (1993 [1937]), « The nature of the firm », in WILLIAMSON O.E. & WINTER S.G. (eds.), The nature of the firm, Origins, evolution and development, Oxford University Press, pp. 18-33.
- COHEN I. & LACHMAN R. (1988), « The generality of the strategic contingencies approach to sub-unit power », Organization Studies, vol. 9, n°3, pp. 371-391.

- COHEN M.D., MARCH J.G. & OLSEN J.P. (1972), « A garbage can model of organizational choice », Administrative Science Quarterly, vol. 26, n°2, pp. 171-186, reproduit dans MARCH J.G. (1991), Décisions et organisations, Les Editions d'Organisation, pp. 163-204.
- COHENDET P. (1998), « Information, connaissances et théorie de la firme évolutionniste », dans PETIT P. (éd.), L'économie de l'information : la science économique au défi des théories de l'information, Paris, La Découverte, pp. 253-267.
- CORIAT B. & WEINSTEIN O. (1995), Les nouvelles théories de l'entreprise, Le livre de poche, 218 p.
- CREMER J. (1998), « Information dans la théorie des organisations », dans PETIT P. (éd.), L'économie de l'information : la science économique au défi des théories de l'information, Paris, La Découverte, pp. 277-292.
- CROZIER M. (1963), Le phénomène bureaucratique, Editions du Seuil, 382 p.
- CROZIER M. (1973), « The problem of power », Social Research, vol. 40, n°2, pp. 211-228.
- CROZIER M. & FRIEDBERG E. (1977), L'acteur et le système, Editions du Seuil, 506 p.
- CYERT R.M. & MARCH J.G. (1970 [1963]), Processus de décision dans l'entreprise, Dunod, Paris, traduction française de A behavioral theory of the firm, Prentice Hall, New Jersey.
- DAHL R.A. (1957), « The concept of power », Behavioural Science, vol. 2, pp. 201-215.
- DE MESNARD L. (2002), « Consistency of the supply-driven model : a typological approach », paper presented at the 14th International Conference on Input-Output Techniques, Montreal, October 10-15, V. 2.01.
- DEBREU G. (2001 [1959]), Théorie de la valeur : analyse axiomatique de l'équilibre économique, 2^{nde} édition de la traduction française de Theory of value, Dunod, 174 p.
- DEMSETZ H. (1998), L'économie de la firme, sept commentaires critiques, Editions EMS, 251 p.
- DESSEIN W. (2002), « Authority and communication in organizations », Review of Economic Studies, vol. 69, n°4, pp. 811-838.
- DIAMOND P.A. (1971), « A model of price adjustment », Journal of Economic Theory, vol. 3, n°2, pp. 156-168.
- DIESTEL R. (1997), Graph theory, Springer-Verlag, New York, 288 p.
- DIETZENBACHER E. & LAHR M.L. (2004), Wassily Leontief and input-output economics, Cambridge University Press.
- DION E. (1997), Invitation à la théorie de l'information, Editions du Seuil, 158 p.
- DOCKES P. (1999), Pouvoir et autorité en économie, Economica, 192 p.

DOCKES P. (2000), « Pouvoir, autorité et convention d'obéissance », Journal of World Systems Research, vol. 6, n°3, pp. 920-945.

DONALDSON L. (1987), "Strategy and structural adjustment to regain fit and performance: in defence of contingency theory", Journal of Management Studies, vol. 24, n°1, pp. 1-24.

DURHAM Y., HIRSHLEIFER J. & SMITH V.L. (1995), « Experimental tests of the paradox of power », UCLA Department of Economics, UCLA Economics working paper n°741.

Site web : <http://www.econ.ucla.edu/workingpapers/wp741.pdf>

DURHAM Y., HIRSHLEIFER J. & SMITH V.L. (1998), « Do the rich get richer and the poor poorer? Experimental tests of a model of power », American Economic Review, vol. 88, n°4, pp. 970-983.

ECKWERT B. & ZILCHA I. (2003), « Incomplete risk sharing arrangements and the value of information », Economic Theory, vol. 21, n°1, pp. 43-58.

EMERSON J. (1962), « Power-dependence relations », American Sociological Review, vol. 27, n°1, pp. 31-40.

FAMA E.F. (1970), « Efficient capital markets : a review of theory and empirical work », The Journal of Finance, vol. 25, pp. 383-417.

FAMA E.F. (1980), « Agency problems and the theory of the firm », Journal of Political Economy, vol. 88, n°2, pp. 288-307.

FELDMAN M.S. & MARCH J.G. (1981), « Information in organizations as signal and symbol », Administrative Science Quarterly, vol. 17, n°1, pp. 1-25, reproduit dans MARCH J.G. (1991), Décisions et organisations, Les Editions d'Organisation, pp. 255-275.

FILLEY A.C. & GRIMES A.J. (1967), « The bases of power in decision processes », Academy of Management Proceedings, pp. 133-160.

FIOL C.M., O'CONNOR E.J. & AGUINIS H. (2001), « All for one and one for all? The development and transfer of power across organizational levels », Academy of Management Journal, vol. 26, n°2, pp. 224-242.

FLETCHER J.K. (1992), « A poststructuralist perspective on the third dimension of power », Journal of Organizational Change Management, vol. 5, n°1, pp. 31-38.

FOSS K. & FOSS N.J. (2002), « Authority and discretion : tensions, credible delegation, and implications for new organizational forms », IVS/CBS Working Papers 2002-08, Department of Industrial Economics and Strategy, Copenhagen Business School.

FRANSMAN M. (1994), "Information, knowledge, vision and theories of the firm", Industrial & Corporate Change, vol. 3, n°3, pp. 147-191.

- FREEMAN L.C. (1979), « Centrality in social networks : conceptual clarification », Social Networks, n°1, pp. 215-239.
- FRIEDBERG E. (1993), Le pouvoir et la règle, Seuil, Paris.
- FRIEDKIN N.E. (1991), « Theoretical foundations for centrality measures », The American Journal of Sociology, vol. 96, n°6, pp. 1478-1504.
- FRIEDKIN N.E. (2003), « Social influence network theory : toward a science of strategic modification of interpersonal influence systems », Site web : <http://www.soc.ucsb.edu/faculty/friedkin>
- FRIEDKIN N.E. & JOHNSEN E.C. (1999), « Social networks influence and opinion change », Advances in Group Processes, vol. 16, n°4, pp. 1-29.
- FRIEDMAN M. (1962), Capitalism and freedom, University of Chicago Press.
- FRIEDMAN M. (1995 [1953]), Essais d'économie positive, Editions Litec, 303 p., traduction française de Essays in positive economy, The University of Chicago Press.
- GABRIE H. & JACQUIER J.L. (1994), La théorie moderne de l'entreprise : l'approche institutionnelle, Economica, 329 p.
- GARCIA R. (1986), « La théorie économique de l'information : exposé synthétique de la littérature », L'Actualité Economique, vol. 62, n°1, pp. 88-109.
- GARROUSTE P. (1998), « Apports de la théorie statistique de l'information à l'analyse économique », dans PETIT P. (éd.), L'économie de l'information : la science économique au défi des théories de l'information, Paris, La Découverte, pp. 77-100.
- GARTON L. & WELLMAN B. (1995), « Social impacts of electronic mails in organizations : a review of the research litterature », in BURLESON B.R. (ed.), Communication Yearbook/18, Thousand Oaks, CA : Sage, pp. 434-453.
- GAZON J. (1976), Transmission de l'influence économique : une approche structurale, collection de l'I.M.E., n°13, 246 p.
- GAZON J. (1981), « La transmission de l'opinion, une approche structurale du pouvoir au sein des structures fortement connexes », Economie Appliquée, vol. 34, n°4, pp. 749-784.
- GENOTTE G. & LELAND H. (1990), « Market liquidity, hedging, and crashes », American Economic Review, vol. 80, n°5, pp. 999-1021.
- GIBBONS R. (1998), « Incentives in organizations », The Journal of Economic Perspectives, vol. 12, n°4, pp. 115-132.
- GIBBONS R. (1999), « Taking Coase seriously », Administrative Science Quarterly, vol. 44, n°1, pp. 145-157.

- GIBBONS R. (2003), « Team theory, garbage cans and real organizations : some history and prospects of economic research on decision-making in organizations », Industrial and Corporate Change, vol. 12, n°4, pp. 753-787.
- GILBOA I. & LEHRER E. (1991), « The value of information – An axiomatic approach », Journal of Mathematical Economics, vol. 20, n°5, pp. 443-459.
- GIRVAN M. & NEWMAN M.E.J. (2001), « Community structure in social and biological networks », arXiv:cond-mat/0112110
- GOSH A. (1958), « Input-output approach to an allocative system », Economica, vol. 25, n°1, pp. 58-64.
- GRANOVETTER M.S. (1973), « The strength of weak ties », The American Journal of Sociology, vol. 78, n°6, pp. 1360-1380.
- GREEN J. (1973), « Information, efficiency and equilibrium », Discussion Paper n°284, Harvard Institute of Economic Research.
- GROSSMAN S. (1976), « On the efficiency of competitive stock markets where trades have diverse information », Journal of Finance, vol. 31, n°2, pp. 573-585.
- GROSSMAN S.J. & HART O.D. (1983), « An analysis of the principal-agent problem », Econometrica, vol. 51, n°1, pp. 7-46.
- GROSSMAN S.J. & HART O.D. (1986), « The costs and benefits of ownership : a theory of vertical and lateral integration », The Journal of Political Economy, vol. 94, n°4, pp. 691-719.
- GROSSMAN S.J. & STIGLITZ J.E. (1976), “Information and competitive price system”, American Economic Review, vol. 66, n°2, pp. 246–253.
- GROSSMAN S.J. & STIGLITZ J.E. (1980), “On the impossibility of informationally efficient markets”, American Economic Review, vol. 70, n°3, pp. 393-408.
- HAMBRICK D.C. (1981), « Environment, strategy, and power within top management teams », Administrative Science Quarterly, vol. 26, n°2, pp. 253-275.
- HARDY C. (1985), « The nature of unobtrusive power », Journal of Management Studies, vol. 22, n°4, pp. 384-399.
- HARPAZ I. & MESHOULAM I. (1997), « Intraorganizational power in high technology organizations », Journal of High Technology Management Research, vol. 8, n°1, pp. 1-22.
- HARRY F., NORMAN R.Z. & CARTWRIGHT D. (1965), Structural models : an introduction to the theory of directed graphs, John Wiley & Sons, 415 p.
- HART O.D. (1975), « On the optimality of equilibrium when the market structure is incomplete », Journal of Economic Theory, vol. 11, n°3, pp. 418-443.
- HART O. (1995), Firms, contracts, and financial structure, Clarendon Press, Oxford, 228 p.

- HART O. & MOORE J. (1990), « Property rights and the nature of the firm », Journal of Political Economy, vol. 98, n°6, pp. 1119-1158.
- HAYEK F.A. (1945), « The use of knowledge in society », The American Economic Review, vol. 35, n°4, pp. 519-530, traduction. française : (1986), « L'utilisation de l'information dans la société », Revue Française d'Economie, vol. 1, n°2, pp. 117-140.
- HICKS J. (1946), Value and capital : an inquiry into some fundamental principles of economic theory, 2nd edition, Oxford University Press.
- HICKSON D.J., HININGS C.R., LEE C.A., SCHNECK R.E. & PENNINGS J.M. (1971), « A strategic contingencies' theory of intraorganizational power », Administrative Science Quarterly, vol. 16, n°2, pp. 216-229.
- HININGS C.R., HICKSON D.J., PENNINGS J.M. & SCHNECK R.E. (1974), « Structural conditions of intraorganizational power », Administrative Science Quarterly, vol. 19, n°1, pp. 22-44.
- HIRSCHMAN A.O. (1970), Exit, voice, and loyalty: responses to decline in firms, organizations, and States, Harvard University Press, 176 p.
- HIRSHLEIFER J (1971), "The private and social value of information and the reward to incentive activity", American Economic Review, vol. 61, n°4, pp. 561-574.
- HIRSHLEIFER J. (1973), "Where are we in the theory of information", American Economic Review, vol. 63, n°2, pp. 31-39.
- HIRSHLEIFER J. (1987), « The analytics of continuing conflict », UCLA Department of Economics, UCLA Economics working paper n°467A.
- Site web : <http://www.econ.ucla.edu/workingpapers/wp467A.pdf>
- HIRSHLEIFER J. (1991), « The paradox of power », Economics and Politics, vol. 3, n°3, pp. 177-200.
- HIRSHLEIFER J. & RILEY J.G. (1979), "The analytics of uncertainty and information", Journal of Economic Literature, vol. 18, n°2, pp. 1375-1421.
- HIRSHLEIFER J. & RILEY J.G. (1992), The analytics of uncertainty and information, Cambridge University Press.
- HOLMSTROM B. (1979), « Moral hazard and observability », The Bell Journal of Economics, vol. 10, n°1, pp. 74-91.
- JENSEN M.C. & MECKLING W.H. (1976), « Theory of the firm: managerial behavior, agency costs and ownership structure », Journal of Financial Economics, vol. 3, n°4, pp. 305-360.

- KEREN M. & LEVHARI D. (1979), « The optimum span of control in a pure hierarchy », Management Science, vol. 25, n°11, pp. 1162-1172.
- KEREN M. & LEVHARI D. (1983), « The internal organization of the firm and the shape of average costs », The Bell Journal of Economics, vol. 14, n°2, pp. 474-486.
- KIESLER S. & SPROULL L. (1992), « Group decision making and communication technology », Organizational Behavior and Human Decision Processes, vol. 52, n°1, pp. 96-123.
- KIRMAN A. (1998), « Information et prix », dans PETIT P. (éd.), L'économie de l'information : la science économique au défi des théories de l'information, Paris, La Découverte, pp. 131-147.
- KLEIN B., CRAWFORD R.G. & ALCHIAN A.A. (1978), « Vertical integration, appropriable rents, and the competitive contracting process », Journal of Law and Economics, vol. 21, n°2, pp. 297-326.
- KNIGHT F.H. (1921), Risk, uncertainty and profit, Boston et New-York, Houghton Mifflin Company,
- KRACKHARDT D. (1990), « Assessing the political landscape : structure, cognition and power in organizations », Administrative Science Quarterly, vol. 35, n°2, pp. 342-369.
- KRACKHARDT D. (1994), « Graph theoretical dimensions of informal organizations », in CARLEY K.M. & PRIETULA M.J. (ed.), Computational organization theory, Lawrence Erlbaum Associates, pp. 89-111.
- LAFFONT J.-J. (1988), « Hidden gaming in hierarchies: facts and models », Economic Record, vol. 64, pp. 295-306.
- LAFFONT J.J. & MARTIMORT D. (1997), « The firm as a multicontract organization », Journal of Economics and Management Strategy, vol. 6, n°2, pp. 201-234.
- LANCRY P.J. (1982), Théorie de l'information et économie, Economica, Paris, 129 p.
- LANTNER R. (1972), « Recherche sur l'interprétation du déterminant d'une matrice input-output », in PONSARD C. (éd.) (1972), Graphes de transfert et analyse économique, Editions Sirey, pp. 245-252.
- LANTNER R. (1974), Théorie de la dominance économique, Dunod, 325 p.
- LANTNER R. (1996), « La dominance informationnelle », document de travail du C.E.I.S.-M.E.T.I.S. n°73, Université de Paris I.
- LANTNER R. (1999), « Influence graphs theory applied to structural analysis », document de travail du C.R.I.F.E.S.-M.A.T.I.S.S.E., n°102, Université de Paris I.

- LANTNER R. (2000), « Une mesure de l'interdépendance générale dans les systèmes linéaires », *mimeo*, C.R.I.F.E.S-M.A.T.I.S.S.E., Université de Paris I.
- LANTNER R. & CARLUER F. (2004), « Spatial dominance : a new approach to an estimation of interconnectedness in regional input-output tables », The Annals of Regional Science, vol. 38, n°3, pp. 451-467.
- LAWRENCE D.B. (1999), The economic value of information, Springer-Verlag, New-York.
- LAWRENCE P.R. & LORSCH J.W. (1967), « Differentiation and integration in complex organizations », Administrative Science Quarterly, vol. 12, n°1, pp. 1-47.
- LAZEAR E. P. (2000), « Economic imperialism », The Quarterly Journal of Economics, vol. 115, n°1, pp. 99-146.
- LAZEGA E. (1998), Réseaux sociaux et structures relationnelles, P.U.F., 127 p.
- LEA R.B. (1973), « Comments on Mock's concepts of information value », Accounting Review, vol. 48, n°2, pp. 389-393.
- LEAVITT H.J. (1951), « Some effects of certain communication patterns on group performance », Journal of Abnormal and Social Psychology, vol. 46, n°1, pp. 38-50.
- LEBERT D. (2001), « Analyse des structures industrielles des principaux pays membres de l'OCDE par la théorie des graphes d'influence », *mimeo*, Matisse, Université Paris 1.
- LEMIEUX V. & OUIMET M. (2004), L'analyse structurale des réseaux sociaux, De Boeck, 112 p.
- LEMOIGNE J.L. (1973), Les systèmes d'information dans les organisations, P.U.F.
- LEMOIGNE J.L. (1998), « La modélisation systémique de l'information », dans PETIT P. (éd.), L'économie de l'information : la science économique au défi des théories de l'information, Paris, La Découverte, pp. 55-69.
- LEONTIEF W. (1986 [1966]), Input-output economics, Second edition, Oxford University Press, 436 p.
- LEQUEUX F. (2002), Concurrence et effets de dominance économique dans l'industrie multimédia, Thèse pour le Doctorat en Sciences Economiques, Université de Paris I Panthéon-Sorbonne.
- LEWIN K. (1938), The conceptual representation and the measurement of psychological forces, Duke University Press.
- LORRAIN F. & WHITE H.C. (1971), « Structural equivalence of individuals in social networks », Journal of Mathematical Sociology, vol. 1, n°1, pp. 49-80.
- LUCAS R.E. (1972), « Expectations and the neutrality of money », Journal of Economic Theory, vol. 4, n°2, pp. 103-124.

- LUCE R. & PERRY A. (1949), « A method of matrix analysis of group structure », Psychometrika, vol. 14, n°1, pp. 95-116.
- LUKES S. (1974), Power : a radical view, Palgrave Macmillan; 2nd edition, 200 p.
- MACHLUP (1962), The production and distribution of knowledge in the United States, Princeton, Princeton University Press, 416 p.
- MARCH J.G. (1966), « The power of power », in EASTON D. (ed.), Varieties of political theory, New York, Prentice Hall, pp. 39-70, reproduit dans MARCH J.G. (1991), Décisions et organisations, Les Editions d'Organisation, pp. 33-83.
- MARCH J.G. (1991), Décisions et organisations, Les Editions d'Organisation, coll. Les classiques EO, 275 p.
- MARCH J.G. & SIMON H.A. (1991 [1958]), Les organisations, Dunod, 254 p., 2nde édition de la traduction française de Organisations, John Wiley & Sons, New York.
- MARGLIN S. (1974), « What do bosses do? Origins and functions of hierarchy in capitalist production Part 1 », Review of Radical Political Economy, vol. 6, n°2, pp. 60-112.
- MARKOVITZ H.M. (1952), « The utility of wealth », Journal of Political Economy, vol. 60, n°2, pp. 151-158.
- MARSCHAK J. (1959), « Efficient and viable organizational forms », Cowles Foundation Paper 150a, reprinted from MASON HAIRE (ed), Modern Organization Theory, John Wiley & Sons, New York, pp. 137-143.
- MARSCHAK J. (1960), «Remarks on the economics of information», Contributions to Scientific Research in Management, University of California Printing, UCLA, Berkeley, Cowles Foundation Paper 146, Site web : <http://cowles.econ.yale.edu/P/cp/py1960-1.htm#1960>.
- MARSCHAK J. (1968), «Economics of inquiring, communicating, deciding», American Economic Review, vol. 58, n°2, pp. 1-18.
- MARSCHAK J. & RADNER R. (1972), Economic theory of teams, New Haven and London, Yale University Press, 345 p.
- MARTIMORT D. (1997), « A theory of bureaucratization based on reciprocity and collusive behavior », Scandinavian Journal of Economics, vol. 99, n°4, pp. 555-579.
- MAYERE A. (1990), Pour une économie de l'information, Editions du C.N.R.S., 317 p.
- Mc LACHLAN H.V. (1981), « Buchanan, Locke and Wittgenstein on classification », Journal of Information Science, vol. 3, n°4, pp. 191-195.
- McGUIRE C.B. & RADNER R. (ed.) (1972), Decision and organization, Studies in Mathematical and Managerial Economics, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, London, 361 p.

- MENARD C. (2004 [1990]), Economie des organisations, 2nd édition, La Découverte, Paris, 123 p.
- MERCKLE P. (2004), Sociologie des réseaux sociaux, Editions la Découverte, 121 p.
- MILGROM P. (1988), « Employment contracts, influence activities, and efficient organization design », Journal of Political Economy, vol. 96, n°1, pp. 42-60.
- MILGROM P. & ROBERTS J. (1988), « An economic approach to influence activities in organizations », American Journal of Sociology, vol. 96, n°1, pp. 42-60
- MILGROM P. & ROBERTS J. (1999), « The internal politics of the firm », in BOWLES S., FRANZINI M. & PAGANO U. (eds), The politics and economics of power, Routledge, New York, pp. 46-62.
- MILLER R.E. & BLAIR P. D. (1985), Input-output analysis : foundations and extensions, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 464 p.
- MINTZBERG H. (1982), Structure et dynamique des organisations, Les Editions d'Organisation, 434 p.
- MINTZBERG H. (1986), Le pouvoir dans les organisations, Les Editions d'Organisation, 679 p.
- MOCK T.J. (1973), « Concepts of information value and accounting : a reply », Accounting Review, vol.48, n°2, pp. 394-397.
- MOOKHERJEE D. (2003), « Delegation and contracting hierarchies : an overview », session on Theory of the Firm, Northwestern University.
- NELSON P. (1970), « Information and consumer behavior », Journal of Political Economy, vol. 78, n°2, pp. 311-329.
- NELSON P. (1974), « Advertising as information », Journal of Political Economy, vol. 82, n°4, pp. 729-754.
- NELSON R.R. & WINTER S.G. (1982), An evolutionary theory of economic change, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, 437 p.
- NEWMAN M.E.J. (2003), « The structure and function of complex networks », Society for Industrial And Applied Mathematics Review, vol. 45, n°2, pp. 167-256
- NONAKA I. (1994), « A dynamic theory of organizational knowledge creation », Organization Science, vol. 5, n°1, pp. 14-37.
- ORLEAN A. & TADJEDDINE Y. (1998), « Efficacité informationnelle et marchés financiers », dans PETIT P. (éd.), L'économie de l'information : la science économique au défi des théories de l'information, Paris, La Découverte, pp. 153-181.

ORTEGA J. (2003), « Power in the firm and managerial career concerns », Journal of Economics and Management Strategy, vol. 12, n°1, pp. 1-29.

PALERMO G. (2000), « Economic power and the firm in new institutional economics: two conflicting problems », Journal of Economic Issues, vol. 34, n°3, pp. 573-601.

PARTHENAY C. (2005), « Herbert Simon : rationalité limitée, théorie des organisations et sciences de l'artificiel », working paper, 28 p.

Site web : http://www.grjm.net/documents/Divers-WP/wp1mars/Parthenay_2005_simon.pdf

PERROUX F. (1973), Pouvoir et économie, collection Etudes Economiques 2, Dunod, 139 p.

PERROW C. (1970), Organizational analysis : a sociological view, Tavistock Publications, 192 p.

PETIT P. (éd.), L'économie de l'information : la science économique au défi des théories de l'information, Paris, La Découverte.

PETTIGREW A.M. (1972), « Information control as a power resource », Sociology, vol. 6 n°2, pp. 187-204.

PFEFFER J. (1981), Power in organizations, Pitman Publishing Inc., Marshfield, 391 p.

PFEFFER J. (1992), « Understanding power in organizations », California Management Review, vol. 34, n°2, pp. 29-50.

PFEFFER J. (1996), « Understanding the role of power in decision making », in SHAFRITZ J.M. & OTTS J.S. (eds.), Classics of Organization theory, Harcourt Brace College Publishers, pp. 359-374.

PFEFFER J. (1997), New Directions for Organization Theory, Oxford University Press, 272 p.

PHELPS E.S. (1970), Microeconomic foundations of employment and inflation theory, Norton, New York.

PONSARD C. (éd.) (1972), Graphes de transfert et analyse économique, numéro spécial de la Revue d'Economie Politique, Editions Sirey, 252 p.

PRENDERGAST C. (1995), « A theory of responsibility in organizations », Journal of Labor Economics, vol. 13, n°3, pp. 387-400.

PRENDERGAST C. (1999), « The provision of incentives in firms », Journal of Economic Literature, vol. 37, n°1, pp. 7-63.

RADNER R. (1968), « Competitive equilibrium under uncertainty », Econometrica, vol. 36, n°1, pp. 31-58.

RADNER R. (1992), « Hierarchy : the economics of managing », Journal of Economic Literature, vol. 30, n°3, pp. 1382-1415.

- RADNER R. (1993), « The organization of decentralized information processing », Econometrica, vol. 61, n°5, pp. 1109-1146.
- RADNER R. (1997), « Bounded rationality, indeterminacy, and the managerial theory of the firm », in SHAPIRA Z. (ed.), Organizational Decision Making, Cambridge Series on Judgement and Decision Making, Cambridge University Press, pp. 324-352.
- RADNER R. & STIGLITZ J.E. (1984), « A nonconcavity in the value of information », in BOYER M. & KIHLSSTROM R.E. (eds.) Bayesian Models in Economic Theory, Elsevier Science Publishers B.V., pp. 33-51.
- RAJAN R.G. & ZINGALES L (1998), « Power in a theory of the firm », The Quarterly Journal of Economics, vol. 113, n°2, pp. 387-432.
- RAJAN R.G. & ZINGALES L (2001), « The firm as a dedicated hierarchy: a theory of the origins and growth of firms », The Quarterly Journal of Economics, vol. 116, n°3, pp. 805-851.
- RILEY J.G. (1976), « Information, screening and human capital », American Economic Review, vol. 66, n°2, pp. 254-260.
- RILEY J.G. (1979), « Informational equilibrium », Econometrica, vol. 47, n°2, pp. 331-359.
- ROGERS E.M. (1995), Diffusion of innovations, The Free Press, New York.
- ROSS S.A. (1973), « The economic theory of agency: the principal's problem », American Economic Review, vol. 63, n°2, pp. 134-139.
- ROTEMBERG J.J. (1993), « Power in profit-maximizing organizations », Journal of Economics & Management Strategy, vol. 2, n°2, pp. 165-198.
- ROTEMBERG J.J. (1994), « Formal authority versus power in profit maximizing organizations », Economics at Northwestern, n°26, pp. 1-35.
- ROTEMBERG J.J. & SALONER G. (1994), « Benefits of narrow business strategies », The American Economic Review, vol. 84, n°5, pp. 1330-1349.
- ROTEMBERG J.J. & SALONER G. (1995), « Overt interfunctional conflict (and its reduction through business strategy », The Rand Journal of Economics, vol. 26, n°4, pp. 630-653.
- ROTHSCHILD M. (1973), « Models of market organization with imperfect information : a survey », Journal of Political Economy, vol. 81, n°6, pp. 1283-1308.
- ROTHSCHILD M. (1974), « Searching for the lowest price when the distribution of prices is unknown », Journal of Political Economy, vol. 82, n°4, pp. 689-711.

- ROTHSCHILD M. & STIGLITZ J.E. (1976), "Equilibrium in competitive insurance markets : an essay on the economics of imperfect information", Quarterly Journal of Economics, vol. 90, n°4, pp. 629-649.
- ROY B. (1969), Algèbre moderne et théorie des graphes orientées vers les sciences économiques et sociales. Tome 1: Notions et résultats fondamentaux, Paris, Dunod, 518 p.
- ROY B. (1970), Algèbre moderne et théorie des graphes orientées vers les sciences économiques et sociales. Tome 2: Applications et problèmes spécifiques, Paris, Dunod, 753 p.
- RUBINSTEIN A. & YAARI M. (1983), « Repeated insurance contracts and moral hazard », Journal of Economic Theory, vol. 30, n°1, pp. 74-97.
- SAH R.K. & STIGLITZ J. (1986), « The architecture of economic systems : hierarchies and polyarchies », The American Economic Review, vol. 76, n°4, pp. 716-727.
- SALANCIK G.R. (1986), « An index of subgroup influence in dependency networks », Administrative Science Quarterly, vol. 31, n° 2, pp. 194-211.
- SALANCIK G.R. & PFEFFER J. (1974), « The bases and use of power in organizational decision making : the case of a university », Administrative Science Quarterly, vol. 19, n°4, pp. 453-473.
- SALANCIK G.R. & PFEFFER J. (1977), « Who gets power-and how they hold on to it: a strategic-contingency model of power », Organizational Dynamics, vol. 5, n°3, pp. 3-21.
- SALANIE B. (1994), Théorie des contrats, Economica, 141 p.
- SALOP S. & STIGLITZ J.E. (1977), « Bargains and ripoffs? A model of monopolistically competitive price dispersion », Review of Economic Studies, vol. 44, n°3, pp. 493-510.
- SAMSON D., WIRTH A. & RICKARD J. (1989), « The value of information from multiple sources of uncertainty in decision analysis », European Journal of Operational Research, vol. 39, n°3, pp. 254-260.
- SAMUELSON P.A. (1947), Foundations of economic analysis, Cambridge, Harvard University Press.
- SAPPINGTON D.E.M.(1991), « Incentives in principal-agent relationships », Journal of Economic Perspectives, vol. 5, n°2, pp. 45-66.
- SAUNDERS C.S. (1990), « The strategic contingencies theory of power: multiple perspectives », Journal of Management Studies, vol. 27, n°1, pp. 1-18.
- SAVAGE L.J. (1954), Foundations of statistics, John Wiley & Sons, New-York.
- SCHUTZ E. (1995), « Markets and power », Journal of Economic Issues, vol. 29, n°4, pp. 1147-1170.

- SHANNON C. E. (1948), « A mathematical theory of communication », reprinted with corrections from The Bell System Technical Journal, vol. 27, pp.379-423, 623-656.
- SHAPIRO C. & STIGLITZ J.E. (1984), « Equilibrium unemployment as a worker discipline device », American Economic Review, vol. 74, n°3, pp. 433-445.
- SHARPLIN A.D. & MARBRY R.H. (1985), « The relative importance of journals used in management research : an alternative ranking », Human Relations, vol. 38, n°2, pp. 139-149.
- SHAVELL S. (1979), « On moral hazard and insurance », The Quarterly Journal of Economics, vol. 93, n°4, pp. 541-562.
- SIMON H.A. (1951), « a formal theory of the employment relationship », Econometrica, vol. 19, n°3, pp. 293-305.
- SIMON H.A. (1955) « A behavioral model of rational choice », Quarterly Journal of Economics, 69, pp. 99-118.
- SIMON H.A. (1957), Models of Man - Social and Rational, New York, John Wiley & Sons, 279 p.
- SIMON H.A. (1959) « Theories of decision making in economics and behavioural science », American Economic Review, vol. 69, n°1, pp. 253-283.
- SIMON H.A. (1978), “Rationality as process and as product of thought”, The American Economic Review, vol. 68, n°2, pp. 1-16.
- SIMON H.A. (1991 [1969]), Sciences des systèmes, sciences de l’artificiel, Dunod, 229 p., traduction française de The sciences of the artificial, M.I.T. Press.
- SPEKMAN R.E. (1979), « Influence and information: an exploratory investigation of the boundary role person’s basis of power », Academy of Management Journal, vol. 22, n°1, pp. 104-117.
- SPENCE M. (1973), « Job market signaling », Quarterly Journal of Economics, vol. 87, n°3, pp. 355-374.
- SPROULL L. & KIESLER S. (1986), « Reducing social context cues : electronic mails in organizational communications », Management Science, vol. 32, n°11, pp. 1492-1512..
- STIGLER G.J. (1961), “The economics of information”, The Journal of Political Economy, vol. 69, n°3, pp. 213-225.
- STIGLITZ J.E. (1991) « Symposium on organizations and economics », The Journal of Economic Perspectives, vol. 5, n°2, pp. 15-24.
- STIGLITZ J. (1993), « Post walrasian and post marxian economics », Journal of Economic Perspectives, vol. 7, n°1, pp. 109-114.

- STIGLITZ J.E. (2000), "The contributions of the economics of information to twentieth century economics", The Quarterly Journal of Economics, vol. 115, n°4, pp. 1441-1478.
- STIGLITZ J. E. (2003), « Information and the change in the paradigm in economics part 1 », The American Economist, vol. 47, n°2, pp. 6-26.
- STIGLITZ J. E. (2004), « Information and the change in the paradigm in economics part 2 », The American Economist, vol. 48, n°1, pp. 17-49.
- SUBRAMANIAN N. (2005), « The economics of intrapreneurial innovation », Journal of Economic Behavior and Organization, vol. 58, n°4, pp. 587-510.
- SULGANIK E. & ZILCHA I. (1997), « The value of information the case of signal-dependent opportunity sets », Journal of Dynamics and control, vol. 21, n°10, pp. 1615-1625.
- THEPAUT Y. (1997), Information et pouvoir, essai d'analyse économique, Thèse pour le Doctorat d'Etat en Science Economique, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 519 p.
- THEPAUT Y. (2002), Pouvoir, information, économie, Economica, 375 p.
- THEPAUT Y. & SAKALAKI M. (1993), Approches théoriques du concept d'information, Rapport de recherche C.N.R.S., 566 p.
- THOMPSON J.D. (1967), Organizations in action : social science bases of administrative theory, McGraw-Hill.
- THORNTON P.H. & OCASIO W. (1999), « Institutional logics and the historical contingency of power in organizations: executive succession in the higher education publishing industry, 1958-1990 », American Journal of Sociology, vol. 105, n°3, pp. 801-843.
- TICHY N.M. & FOMBRUN C. (1979), « Network analysis in organizational settings », Human Relations, vol. 32, n°11, pp. 923-965.
- TICHY N.M., TUSHMAN M.L. & FOMBRUN C. (1979), « Social network analysis for organizations », Academy of Management Review, vol. 4, n°4, pp. 507-519.
- TINEL B. (2002), « Hiérarchie et pouvoir en microéconomie : histoire d'un dialogue houleux entre le courant radical et le *mainstream* », Economies et Sociétés, série Oeconomia, n°32.
- Site web : <http://matisse.univ-paris1.fr/doc2/ID0405.PDF>.
- TIROLE J. (1986), « Hierarchies and bureaucracies: on the role of collusion in organizations », Journal of Law, Economics and Organizations, vol. 2, n°2, pp. 181-214.
- TYLER J., WILKINSON D. HUBERMAN B.A. (2003), « Email as Spectroscopy: Automated Discovery of Community Structure within Organizations », HP research paper,
- TYRE M.J. & ORLIKOWSKI W.J. (1994), "Windows of opportunity: temporal patterns of technological adaptation in organizations", Organization Science, vol. 5, n°1, pp. 98-118.

- UZAWA H. (1960), « Walras tatonnement in the theory of exchange », Review of Economic Studies, vol. 27, n°74, pp. 182-194.
- VAN ZANDT T. (1995), « Continuous approximations in the study of hierarchies », The RAND Journal of Economics, vol. 26, n°4, pp. 575-590.
- VAN ZANDT T. (1999), “Decentralized information processing in the theory of organizations”, in SERTEL M.R. (ed.), Contemporary Economic Issues, Vol. 4: Economic Design and Behavior, London: MacMillan Press Ltd., Chapter 7, pp. 125-160.
- VON NEUMANN J. & MORGENSTERN O. (1947 [1944]), Theory of games and economic behaviour, 2nd edition, Princeton University Press.
- WASSERMAN S. & FAUST K. (1994), Social network analysis : methods and applications, Cambridge University Press, 825 p.
- WELLMAN B. (2001), « Computer networks as social networks », Science, vol. 293, pp. 2031-2034.
- WILLIAMSON O.E. (1975), Markets and hierarchies : analysis and antitrust implications, The Free Press, Mac Millan, 286 p.
- WILLIAMSON O.E. (1993), « Contested exchange versus the governance of contractual relations », Journal of Economic Perspectives, vol. 7, n°1, pp. 103-108.
- WILLIAMSON O.E. (1994 [1985]), Les institutions de l'économie, Interéditions, 404 p., traduction française de The economic institutions of capitalism, The Free Press, Mac Millan.
- WILLIAMSON O.E. (1995), « Hierarchies, markets and power in the economy : an economic perspective », Industrial & Corporate Change, vol. 4, n°1, pp. 21-49.
- WILLIAMSON O.E. (1996), The mechanisms of governance, Oxford University Press, 448 p.
- WILLIAMSON O.E. & WINTER S.G. (eds.) (1993), The nature of the firm, Origins, evolution and development, Oxford University Press.
- WINTROBE R. & BRETON A. (1986), « Organizational structure and productivity », The American Economic Review, vol. 76, n°3, pp. 530-538.
- WOODMAN R.W., SAWYER J.E. & GRIFFIN R.W. (1993), « Toward a theory of organizational creativity », Academy of management Review, vol. 18, n°2, pp. 293-321.
- YELLEN J.L. (1984) « Efficiency wage models of unemployment », American Economic Review, vol. 74, n°2, pp. 200-206.

Table des matières

Remerciements	I
Sommaire	III
Introduction générale	1
Chapitre 1. Information et organisation	15
<u>Section 1. Existence de la firme et problèmes informationnels</u>	<u>19</u>
1.1/ La firme néo-classique	19
1.2/ Premier problème : l'imperfection de l'information	20
1.2.1/ La nature de la firme selon Coase (1937)	20
1.2.1.1/ L'identification de deux modes de coordination	20
1.2.1.2/ L'explication de l'existence de la firme	21
1.2.2/ L'explication de la taille de la firme	22
1.3/ Deuxième problème : la rationalité limitée	23
1.3.1/ Définition de la rationalité limitée	23
1.3.2/ L'organisation comme moyen de rationaliser la prise de décision	24
1.4/ Les prolongements de Williamson	25
1.5/ Troisième problème : l'asymétrie informationnelle	28
1.5.1/ Alchian & Demsetz (1972) et la production en équipe	28
1.5.1.1/ La remise en cause du rôle de l'autorité	29
1.5.1.2/ La production en équipe	29
1.5.1.3/ Le problème de l'évaluation des productivités marginales	30
1.5.1.4/ La firme : une structure de droits de propriété particulière	31
1.5.2/ La théorie de l'agence	32
1.5.2.1/ La théorie normative de l'agence	32
1.5.2.2/ La théorie positive de l'agence	33
<u>Section 2. La prise de décision dans les organisations</u>	<u>35</u>
2.1/ La théorie des équipes de Marschak & Radner (1972) et ses prolongements	36
2.1.1/ Le cadre originel de la théorie des équipes	36
2.1.1.1/ Les concepts clés de l'analyse de la décision individuelle	37
a) Structure d'information et forme organisationnelle	37
b) Coût et valeur de l'information	39
c) Une illustration	41
2.1.1.2/ Le problème de décision de l'équipe	48
a) Gain de l'équipe et action	49
b) Fonction de décision et d'information dans une équipe	49
c) Spécialisation, coût organisationnel et gain net espéré	50
d) Co-spécialisation d'une action et observation	51
2.1.2/ Hiérarchies versus polyarchies	53
2.1.2.1/ Description du processus de décision	54
2.1.2.2/ Comparaison des deux structures	55
2.1.3/ L'étude des structures décentralisées efficaces : le focus sur la hiérarchie	58
2.1.3.1/ Les travaux fondateurs sur les hiérarchies pyramidales	58
2.1.3.2/ Le processus de réduction des hiérarchies équilibrées	61
a) Hypothèses du modèle	61
b) Réseau et hiérarchie en mode unique	62

c) La réduction d'une hiérarchie équilibrée.....	64
2.1.3.3/ Les extensions et raffinements du modèle	67
2.1.3.4/ Les limites de ces approches	68
2.2/ Les modèles « sociologiques » de prise de décision.....	69
2.2.1/ Le modèle de la « corbeille à papiers » dans les anarchies organisées	70
2.2.1.1/ Les 3 hypothèses fondamentales.....	70
2.2.1.2/ Le processus de prise de décision	71
2.2.2/ Vers plus de réalisme ? Le problème du statut de l'information	73
<u>Section 3. Quelle définition pour la firme processeur d'information ?</u>	<u>77</u>
3.1/ Définition de l'information	77
3.2/ La firme est une structure d'échanges	78
Conclusion du chapitre 1	79
Chapitre 2. Les approches du pouvoir en économie.....	81
Introduction du chapitre 2.....	83
<u>Section 1. Le pouvoir, point de départ de l'analyse des phénomènes économiques.....</u>	<u>85</u>
1.1/ Pouvoir, autorité et convention d'obéissance.....	85
1.1.1/ L'autorité est un « pouvoir institué »	85
1.1.2/ Les modalités d'exercice du pouvoir et les moyens du pouvoir	86
1.1.3/ Les fondements de l'autorité dans les firmes capitalistes.....	87
1.1.4/ Dynamique historique et convention d'obéissance	89
1.2/ La théorie de l'échange contesté et la critique du capitalisme	90
1.2.1/ Echange contesté, renouvellement contingent et pouvoir	90
1.2.2/ Firme démocratique <i>versus</i> firme capitaliste	91
1.2.2.1/ Les éléments principaux du modèle.....	91
1.2.2.2/ L'efficacité supérieure de la firme démocratique	92
1.2.3/ Les critiques internes	94
1.2.4/ Les trois structures du pouvoir	96
1.2.4.1/ Une définition plus large du pouvoir	96
1.2.4.2/ Les trois relations de pouvoir dans les économies de marché.....	97
<u>Section 2. Le « potentiel de pouvoir ».....</u>	<u>99</u>
2.1/ Un concept microéconomique de pouvoir	99
2.1.1/ Il doit être conforme aux hypothèses standard du comportement.....	99
2.1.2/ Eléments du concept de pouvoir : définition et mesure.....	100
2.2/ Théorie de la décision et pouvoir.....	101
2.3/ L'exercice du pouvoir comme comportement économique dans le modèle standard.....	103
2.4/ Information, incertitude et pouvoir.....	104
2.4.1/ Information imparfaite ou asymétrique, rationalité limitée	104
2.4.2/ L'information imparfaite et/ou asymétrique comme potentiel de pouvoir.....	105
2.5/ Du pouvoir de marché au pouvoir dans les organisations.....	106
2.5.1/ Les organisations comme réponses au pouvoir de marché.....	106
2.5.2/ Quelles formes de pouvoir dans la relation d'agence ?	107
<u>Section 3. L'intégration des phénomènes de pouvoir dans le <i>mainstream</i>.....</u>	<u>108</u>

3.1/ Les activités d'influence	109
3.1.1/ Le modèle de Milgrom & Roberts	109
3.1.2/ Les activités de lobbying : Crozier (1963) revu par Gibbons (1999, 2003)	111
3.1.3/ Les conflits ouverts en organisation	113
3.1.4/ Les coalitions en organisation	114
3.1.5/ Illustration d'une démarche pragmatique en économie des organisations	115
3.2/ La délégation de l'autorité	120
3.3/ Pouvoir et politique dans la firme	123
3.3.1/ L'introduction explicite du pouvoir par Rotemberg (1993)	123
3.3.1.1/ Le principe de la différenciation des salaires	123
3.3.1.2/ Le modèle	124
3.3.2/ Vers une théorie économique générale du pouvoir : Rajan & Zingales	127
3.3.2.1/ Vers une théorie générale du pouvoir intra-organisationnel ?	127
3.3.2.2/ Définition et implications de la notion d'accès	128
3.3.2.3/ Les structures organisationnelles et la distribution du pouvoir	129
Conclusion du chapitre 2	131
Chapitre 3. Les approches structurales du pouvoir intra-organisationnel	133
Introduction du chapitre 3	135
<u>Section 1. Les approches du pouvoir</u>	<u>137</u>
1.1/ le paradigme Dahl-Emerson et le prolongement de Lukes	137
1.1.1/ L'article séminal de Dahl (1957)	137
1.1.1.1/ La relation de pouvoir	137
1.1.1.2/ Les propriétés de la relation de pouvoir	137
1.1.1.3/ Comparer le pouvoir	138
1.1.2/ Du pouvoir à la dépendance	139
1.1.2.1/ Le pouvoir est l'inverse de la dépendance	139
1.1.2.2/ La réciprocité dans les relations de pouvoir	140
1.1.2.3/ De la dépendance aux réseaux de pouvoir et à l'autorité	141
1.1.3/ La vision tri-dimensionnelle du pouvoir	141
1.2/ La théorie des contingences structurelles	143
1.2.1/ Le cadre d'analyse	143
1.2.2/ Les trois facteurs de la dépendance intra-organisationnelle	144
1.2.3/ Un courant de recherche dynamique	146
1.3/ La théorie de la dépendance vis-à-vis des ressources	147
<u>Section 2. Centralité et pouvoir</u>	<u>151</u>
2.1/ Présentation de l'approche des réseaux sociaux	151
2.1.1/ De l'organisation au réseau	151
2.1.2/ Les débats autour du recueil de données et des méthodes de traitement	153
2.2/ Eléments de théorie des graphes	155
2.2.1/ Le graphe en tant que schéma	155
2.2.2/ Le graphe en tant que représentation d'une relation binaire	156
2.2.2.1/ Graphe orienté <i>versus</i> graphe non orienté	156
2.2.2.2/ Quelques concepts usuels	158
2.3/ Indicateurs de centralité et pouvoir	159
2.3.1/ Indicateurs de centralité	159
2.3.1.1/ La centralité de degré	159

2.3.1.2/ La centralité de proximité.....	160
2.3.1.3/ La centralité d'intermédiation.....	161
2.3.2/ La centralité comme indicateur de pouvoir	163
2.3.2.1/ Précautions méthodologiques.....	163
2.3.2.2/ Les indicateurs de centralité comme indicateurs de dépendance	164
2.3.2.3/ Les unités de référence et la nature du réseau	165
Section 3. Le passage aux graphes orientés.....	167
3.1/ Eléments de la méthode input-output	167
3.1.1/ Les tableaux input-output	168
3.1.2/ Le tableau des coefficients techniques	170
3.1.3/ Le tableau des coefficients de débouchés.....	173
3.1.4/ Quelle pertinence pour l'hypothèse d'offre dominante ?	176
3.2/ La construction d'indicateurs d'influence à partir de la méthode input-output	177
3.2.1/ La structure d'échange considérée	178
3.2.2/ L'influence totale	179
3.2.3/ La partition de l'influence totale du réseau en influence des sous-unités	180
3.2.4/ L'étude de l'influence des revues dans la recherche sur les organisations.....	181
Conclusion du chapitre 3	182
Chapitre 4. La théorie des graphes d'influence.....	185
Introduction du chapitre 4.....	187
Section 1. Des graphes de flux aux graphes d'influence.....	189
1.1/ Représentation d'une équation linéaire à deux variables.....	189
1.2/ Le graphe associé à un système d'équations.....	190
1.3/ Les règles de réduction d'un graphe	191
1.3.1/ La règle d'auto-transformation d'un graphe.....	191
1.3.2/ La règle de l'addition des arcs convergents.....	192
1.3.3/ La règle de multiplication des arcs successifs	192
Section 2. Le graphe d'influence.....	194
2.1/ Représentation générale des relations informationnelles intra-organisationnelles.....	194
2.1.1/ Un cadre théorique : la dominance informationnelle (Lantner, 1996).....	194
2.1.2/ Le bilan informationnel d'un pôle.....	195
2.1.3/ Le tableau des échanges informationnels	196
2.1.4/ Le sens de dominance : l'hypothèse d'offre dominante	197
2.1.5/ Les équations d'échange.....	198
2.2/ Les deux natures de l'influence	199
2.2.1/ Définitions de l'influence	199
2.2.2/ Le graphe d'influence absolue	200
2.2.3/ Le graphe d'influence relative	205
Section 3. La diffusion arborescente des influences extérieures.....	212
3.1/ Déterminant d'une matrice et Graphes Partiels Hamiltoniens	212
3.1.1/ Définition des Graphes Partiels Hamiltoniens	212
3.1.2/ Calcul du déterminant d'une matrice	214

3.2/ Le théorème des boucles et des circuits	215
Section 4. Cheminement de l'influence dans une structure au niveau global	217
4.1/ Structures autarciques et diffusion minimale de l'influence	218
4.1.1/ Théorème de l'induction produit.....	219
4.1.2/ Le cas d'une structure autarcique.....	220
4.2/ Le rôle des circularités dans la diffusion globale de l'influence	221
4.2.1/ Circularités partielles et amortissement de l'influence	222
4.2.2/ Effet de bouclage dû aux autarcies polaires.....	223
4.2.3/ Diffusion de l'influence dans une sous-structure.....	225
4.3/ Les structures circulaires et la diffusion maximale de l'influence	226
4.3.1/ L'impact des circularités globales : le théorème du court-circuit.....	226
4.3.2/ Structures circulaires et déterminant maximum.....	228
4.4/ Les structures triangulaires et l'absence totale de circularité.....	232
Section 5. Cheminement de l'influence dans une structure au niveau local.....	235
5.1/ Influence directe portée par un arc	235
5.2/ Influence directe portée par un chemin.....	237
5.3/ Effets de circuit et amplification de l'influence	239
5.4/ Effets des circularités et amortissement de l'influence.....	240
Conclusion du chapitre 4	243
Chapitre 5. Analyse du pouvoir intra-organisationnel dans une structure concrète.....	245
Introduction du chapitre 5	247
Section 1. Eléments de méthodologie.....	249
1.1/ Présentation des indicateurs structuraux	249
1.1.1/ Ordres de multiplication et d'élasticité.....	249
1.1.2/ Le déterminant et ses déclinaisons : les indicateurs synthétiques.....	249
1.1.2.1/ Le taux d'autarcie polaire.....	250
1.1.2.2/ Le taux d'interdépendance des pôles	251
1.1.2.3/ Taux de circularité et taux de triangularité.....	252
1.1.2.4/ Le taux de diffusion directe	254
1.2/ La base de données	255
1.2.1/ L'utilisation des flux de mails pour identifier les « communautés de pratiques ».....	255
1.2.2/ Définition des flux et présentation de la base	257
1.2.3/ Les étapes de la construction du tableau d'échanges	259
1.1.3.1/ Définition du périmètre de l'organisation	259
1.1.3.2/ Le traitement des données brutes.....	260
Section 2. La configuration de l'organisation globale.....	266
2.1/ Ordres de multiplication et centralité.....	266
2.1.1/ Le graphe d'influence absolue	266
2.1.2/ Le graphe d'influence relative	268
2.1.3/ Cohérence entre les ordres de multiplication et la centralité de degré.....	270
2.2/ Dépendance et interdépendance dans la structure globale.....	270
2.2.1/ Une organisation globalement autarcique, circulaire ou triangulaire ?.....	271
2.2.2/ Dépendance et interdépendance entre sous-structures	273

<u>Section 3. L'agrégation des pôles en départements</u>	275
3.1/ Analyse de la structure scindée en départements	275
3.1.1/ Le graphe d'influence absolue	276
3.1.2/ Le graphe d'influence relative	279
3.1.3/ Les caractéristiques de la structure globale	281
3.2/ La configuration structurale de chaque département.....	282
3.2.1/ Département A	282
3.2.2/ Département B	284
3.2.3/ Département C	284
3.2.4/ Département D	286
3.2.5/ Département E.....	289
3.2.6/ Département F.....	290
3.2.7/ Département G	292
3.2.8/ Département H	295
3.3/ Discussion des résultats.....	298
Conclusion du chapitre 5	300
Conclusion générale.....	303
Bibliographie.....	309
Table des matières	331
Annexes	337

ANNEXES

Table des annexes

Annexe 1 : Rappels sur information et économie	p. 339
Annexe 2 : Exemple de résolution d'un problème d'équipe	p. 378
Annexe 3 : (x^*, y^*, T^*) dans les hiérarchies pyramidales.....	p. 389
Annexe 4 : Résolution du modèle de lobbying dans Gibbons (1999, 2003)	p. 390
Annexe 5 : Résolution du modèle de Rotemberg (1993)	p. 392
Annexe 6 : Le théorème de Bott & Mayberry (1954)	p. 395
Annexe 7 : Le déterminant maximum	p. 398
Annexe 8 : Equivalence entre le déterminant de $[A]$ et celui de $[\Theta]$	p. 401
Annexe 9 : Analyse de la structure au niveau global (individus)	p. 403
Annexe 10 : Analyse de l'interdépendance générale (théorème de la partition)	p. 419
Annexe 11 : Analyse de la structure au niveau global (départements)	p. 422
Annexe 12 : Analyse de la structure au niveau local	p. 428
Annexe 13 : Synthèse des indicateurs	p. 451

Annexe 1

Information et Economie

Cette annexe présente un certain nombre d'enjeux et de débats autour du concept d'information et de la manière dont s'est constituée l'économie de l'information. Elle est scindée en deux sections, la première qui revient sur les théories de l'information, la seconde qui traite explicitement des théories économiques de l'information.

Section 1 : Les théories de l'information

1.1/ La théorie mathématique de la communication¹

Shannon (1948) est considéré comme le fondateur de la théorie de l'information moderne, quand bien même les bases de sa théorie remontent au moins aux années vingt².

1.1.1/ Les éléments de base de la théorie

Tout d'abord, Shannon ne va s'intéresser qu'aux problèmes techniques de communication d'un message, ces problèmes techniques n'étant qu'un problème parmi d'autres relatifs à la communication³ : le premier concerne le degré d'exactitude de la transmission des symboles de la communication (relatif aux problèmes techniques), le second s'intéresse à la précision avec laquelle les symboles correspondent à la signification recherchée (il relève des problèmes sémantiques), le troisième concerne le degré de performance du système de communication par lequel la signification du message produit sur le récepteur l'effet attendu (il s'agit ici des problèmes d'efficacité).

Ensuite, Shannon introduit la notion de probabilité en énonçant de manière explicite que le message envoyé est choisi dans un ensemble de messages initiaux possibles. Tout système de communication doit être susceptible de fonctionner quelque soit le message choisi étant donné

¹ Sur ces théories, voir aussi Atlan (1972) pour une présentation très didactique, Lancry (pp.19-34), Mayère (1990), Dion (1997).

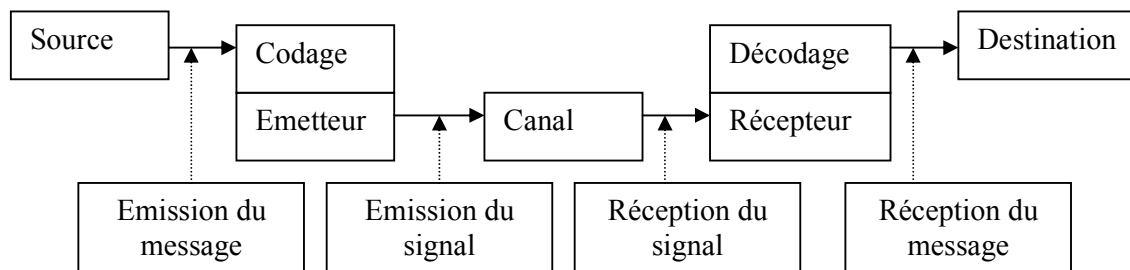
² Pour les travaux précurseurs, dont ceux de Hartley (1928) qui définit le premier une mesure de la quantité d'information, cf. Thépaut & Sakalaki (1993, p. 21).

³ La classification en niveau étant celle de Weaver, complice de Shannon avec lequel il publie en 1949 une version étendue du document original de 1948, traduit en français presque 30 ans plus tard.

que l'on n'est pas en mesure de déterminer *a priori* quel message va être envoyé. Ce système de communication comporte généralement cinq composantes essentielles qui sont :

- 1) une source d'information
- 2) un émetteur (ou transmetteur) qui transforme (ou code) le message initial afin de le rendre compatible avec le canal de transmission choisi
- 3) le canal de transmission, susceptible de générer des effets parasites comme la déformation du signal transmis ou l'adjonction à ce même signal de bruit
- 4) un récepteur qui reconstitue (ou décode) le message initial
- 5) la destination de l'information

En suivant LeMoigne (1973, p. 22) on peut donc représenter schématiquement le système comme suit :



1.1.2/ Le problème fondamental : l'analyse de la source

Le souci principal de Shannon était de définir mathématiquement la source afin de réduire au maximum la capacité requise du canal pour transmettre le signal par un codage approprié. A partir de l'idée selon laquelle on peut représenter une source discrète (c'est à dire une source qui génère un message symbole par symbole) par un processus stochastique⁴, on peut essayer de définir une quantité qui mesure l'information produite par une source.

Partant d'un ensemble d'événements possibles E_i ($i = 1, \dots, n$) auxquels on assigne les probabilités correspondantes p_i ($i = 1, \dots, n$) connues, Shannon va définir une mesure de l'incertitude du résultat qui s'écrit :

⁴ Selon Lancry (1982, p. 23), c'est même dans cette approche stochastique des phénomènes de l'information que réside « l'originalité de l'approche shannonienne ».

$$H = -K \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$$

avec K une constante strictement positive. Le signe « moins » assure que H est toujours positive compte tenu des caractéristiques mathématiques de la fonction logarithme.

Pour Lancry (1982) cette mesure est en fait une mesure du choix et de l'incertitude plutôt qu'une mesure de l'information. A partir d'une analogie entre sa mesure de la quantité d'information et la mesure de l'entropie de Boltzmann définie en mécanique statistique, Shannon donne à H le nom d'entropie, qui peut être définie pour un message x dans le cas d'une distribution continue de probabilités p(x) par la formule suivante :

$$H(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} p(x) \log p(x) dx$$

1.1.3/ Quelques propriétés de la fonction de Shannon⁵

a) information minimum :

La quantité d'information est nulle quand on est certain du résultat, c'est à dire lorsque toutes les probabilités sont nulles sauf une qui est égale à l'unité

b) information maximum :

La quantité d'information est maximum lorsque toutes les probabilités d'occurrence des événements sont égales. Sachant un ensemble d'événements possibles n, $H = \log n = H_{\max}$ pour $p_i = 1/n$ ($i = 1, \dots, n$)

c) la quantité d'information associée à un couple d'événements indépendants

Soient x et y deux événements avec respectivement n et m valeurs (résultats) possibles, $p(i,j)$ la probabilité d'avoir simultanément x dans l'état i et y dans l'état j. La quantité d'information associée au couple (x,y) est égale à :

$$H(x, y) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(i, j) \log p(i, j)$$

Dans le cas particulier où les deux événements sont indépendants, $H(x, y) = H(x) + H(y)$. Dans ce cas, l'incertitude sur le message devient la somme des incertitudes sur chaque symbole (Atlan, 1972).

⁵ Cf. Lancry (1982), Atlan (1972).

d) *l'information apportée en moyenne par un événement sachant l'autre*⁶

Soient x et y deux événements aléatoires quelconques et $p_i(j)$ la probabilité que y prenne la valeur j sachant que x prend la valeur i .

On définit alors $H_x(y) = -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p(i, j) \log p_i(j) \Leftrightarrow H_x(y) = H(x, y) - H(x)$

Et finalement⁷, $H(x, y) = H_x(y) + H(x) \Leftrightarrow H_y(x) + H(y)$, l'information associée à deux événements est égale à l'information sur l'un des deux événements à laquelle on ajoute l'information sur l'autre événement sachant le premier.

e) *l'information mutuelle ou transinformation*

C'est l'information transmise de x à y (de y à x), c'est à dire une mesure de la réduction de l'incertitude sur y quand x est connu (sur x quand y est connu) et on la note :

$$T(x, y) = H(y) - H_x(y) = H(y) + H(x) - H(x, y) = H(x) - H_y(x)$$

C'est une fonction symétrique qui s'annule dans le cas d'indépendance entre les variables comme le montre la propriété c).

1.1.4/ Interprétation des mesures dans le cas d'une « voie de communication »

Atlan (1972) va proposer une interprétation des propriétés de la mesure de l'information en les situant dans le cadre de ce qu'il appelle une « voie de communication », qui articule une série de symboles émis (un message x) à une série de symboles reçus (un message y).

- $H(x)$ est défini comme l'incertitude sur la source c'est à dire la quantité d'information du message émis à l'entrée ;
- $H(y)$ représente l'incertitude sur la réception, la quantité d'information du message reçu à la sortie ;
- $H(x, y)$ est la quantité d'information conjointe à l'entrée et à la sortie ;
- $H_y(x)$ est la quantité d'information à l'entrée lorsque la sortie est déterminée. On la nomme « équivoque » et elle correspond à une perte d'information au sens où c'est l'information qui entre dans le canal de communication et qui n'en sort pas ;

⁶ Egalement appelée « entropie conditionnelle ».

⁷ Pour les démonstrations, Lancry (1982, pp. 30-31) et Dion (1997, pp. 147-151).

- $H_x(y)$ est de manière symétrique un gain d'information puisqu'elle correspond à l'information qui sort du canal sans y être entré. Elle correspond au bruit qui a été créé lors de la communication et qui parasite le message émis. On lui donne le nom d'ambiguïté du message ;
- $T(x,y)$ est enfin la quantité d'information effectivement transmise dans la voie, qui peut être augmentée jusqu'au maximum permis par le processus physique de transmission qui est appelé « capacité » du canal.

1.1.5/ Le choix de la fonction logarithme et la définition de l'unité de mesure

1.1.5.1/ Pourquoi utiliser la fonction logarithme ?

Trois raisons principales fondent le choix de la fonction logarithme pour représenter la quantité d'information : c'est la plus utile dans la pratique, elle est proche de l'intuition et surtout elle rend compte de la propriété d'additivité de l'information dans le cas d'événements indépendants⁸.

L'objectif de la théorie de l'information est de chercher une mesure de l'information apportée par le fait qu'un événement s'est produit. L'information sera d'autant plus grande que sa probabilité d'apparition est faible : la quantité d'information apportée par la réalisation d'un événement est donc une fonction croissante du nombre de résultats possibles, noté N .

Soit $f(N)$ cette fonction, on distingue à la suite d'Atlan (1972) deux cas :

1) les événements sont équiprobables

Soient deux expériences avec respectivement N_1 et N_2 résultats équiprobables possibles et la quantité d'information apportée respectivement par chacun d'entre eux $f(N_1)$ et $f(N_2)$. On cherche une fonction f telle que la quantité d'information apportée par la réalisation des deux expériences soit la somme des quantités d'information apportées par chacune d'elle. Comme le nombre de couples possibles associant un résultat de la première expérience à un résultat de la seconde est $N_1 N_2$, la quantité d'information apportée par un couple sera $f(N_1 N_2)$.

⁸ Thépaut & Salakis (1993, p. 38).

La fonction $f(N) = a \log_b N$ satisfait la condition recherchée $f(N_1 N_2) = f(N_1) + f(N_2)$. L'avantage de cette fonction est que l'on peut faire apparaître la probabilité d'apparition de chaque événement. En posant $a = 1$ et $b = 2$, on a en effet :

$$f(N) = \log_2 N = -\log_2 \left(\frac{1}{N} \right) = -\log p \text{ avec } p = 1/N$$

Finalement, pour Atlan (1972, p. 9), le choix de la fonction logarithme « n'est que la conséquence du souhait que nous avons de disposer d'une fonction additive alors que les probabilités d'événements indépendants se multiplient ».

2) les événements ne sont pas équiprobables

Soient N événements possibles E_i ($i = 1, \dots, N$) auxquels sont associées leurs probabilités respectives de réalisation $p(i)$. La quantité d'information propre à l'apparition de l'événement E_i est $f(E_i) = -\log_2 p(i)$. Plus intéressant, lorsqu'on considère non pas chacun des résultats pris isolément mais l'expérience dans son ensemble avec les N résultats possibles, on peut définir la quantité d'information obtenue en moyenne quand on la réalise un grand nombre de fois :

$$f(A) = H(A) = p(1)f(E_1) + p(2)f(E_2) + \dots + p(N)f(E_N) = - \sum_{i=1}^N p(i) \log_2 p(i)$$

On retrouve ici la formule de Shannon mais dans un contexte différent qui est celui du résultat d'une expérience. Dans le contexte de la communication qui consiste à transmettre un message constitué d'une suite de symboles (ces derniers jouant ici le rôle des événements), cette grandeur correspond en fait non pas à la quantité d'information véhiculée par un message mais à la valeur moyenne par symbole utilisé. Pour obtenir la quantité d'information globale du message, il suffit de multiplier H par le nombre total de symboles utilisés.

La fonction H de Shannon s'applique donc selon Atlan à un ensemble de messages utilisant le même nombre de symboles différents avec la même distribution de probabilité pour les symboles : elle caractérise un alphabet (au sens de groupes de symboles)⁹

⁹ Atlan (1972, pp. 12-13) : « La condition de validité de cette définition est que l'émission de suites de symboles par la source doit constituer un processus stochastique stationnaire et ergodique, ce qui signifie que le régime de probabilités est le même tout au long des séquences de symboles et qu'il n'existe pas de variations surajoutées périodiques ou autres qui pourraient permettre de diviser l'ensemble des messages en processus indépendants ».

1.1.5.2/ La définition de l'unité BIT

L'unité d'information va être définie pour le cas d'équiprobabilité d'apparition des symboles dans une situation binaire.

En effet, dans le cas où on utilise 2 symboles (0 ou 1), la quantité d'information moyenne par symbole pour un message x est égale à :

$$H(x) = -p(0) \log_2 p(0) - p(1) \log_2 p(1) = -p \log_2 p - (1-p) \log_2 (1-p)$$

Si $p = (1-p) = 1/2$, $H(x) = -\log(1/2) = 1$, qui est la valeur maximum que peut prendre H dans le cas d'un alphabet à 2 symboles. Le choix de la base 2 comme base du logarithme correspond à ce choix d'unité qui correspond donc à la quantité maximale d'information d'un système binaire et on l'appelle bit (pour *binary digit*)¹⁰.

1.1.6/ Information et entropie

Parmi les différentes interprétations données à l'information au sens de Shannon¹¹, (l'information réducteur d'incertitude, l'information résultat de la surprise), il y en a une qui est toujours aujourd'hui sujette à multiples débats : c'est celle qui relie l'information à la problématique de l'ordre et du désordre. A ce sujet par exemple, Lancry (1982, p. 114) affirme ainsi que « si analogie il y a entre information et entropie, on doit la rechercher autrement que par un calquage d'un concept fétiche sur un autre. C'est à cette condition que le raisonnement scientifique l'emportera sur la métaphysique ». Au sens de la thermodynamique, l'entropie est définie comme mesure physique du désordre et il revient à Brillouin (1956) d'avoir montré que l'information peut être considérée comme une entropie négative ou « néguentropie » augmentant avec la quantité d'information, cette dernière contribuant en fait à réduire le désordre¹². Les débats sur ce sujet ne sont de toute manière pas tranchés et nous amènent aux limites de la théorie mathématique de l'information.

¹⁰ Comme l'information est proportionnelle au logarithme de base 2 lorsqu'il n'y a que deux symboles, la valeur K de la formule de Shannon est égale à 1 et on a donc justifié le choix de $a = 1$ et $b = 2$ dans la discussion relative au choix de la fonction logarithme (cf Thépaut et Sakalaki, 1993, p. 45).

¹¹ Et malgré les précautions prises par Shannon lui-même pour définir le cadre restreint des problèmes qu'il entendait traiter.

¹² Sur ce sujet, Dion (1997, pp. 87-116) donne un éclairage limpide qui dépasse le cadre étudié par Lancry (1982, chapitre 9).

1.1.7/ Limites de la théorie mathématique de la communication

Son premier point faible est que ce n'est pas une théorie de portée générale, d'une part parce qu'elle ne se soucie pas de l'aspect sémantique, d'autre part parce qu'elle suppose une mesure sur des séries d'essais suffisamment longues (Lancy, 1982). Ainsi, elle suppose implicitement que la quantité d'information d'un message est la même pour tout le monde, que sa mesure est indépendante de l'observateur. Par conséquent, elle ne traite pas de l'aspect subjectif de la valeur assignée à l'information par ses observateurs/utilisateurs¹³. Par ailleurs, c'est une théorie qui ne traite que du problème de transmission (donc de canal) et pas des caractéristiques propres à la source et à la destination des messages en amont et en aval du canal de transmission. Enfin, dans cette théorie, l'information n'existe que par l'intermédiaire de la quantité qui la mesure (Garrouste, 1998), ce qui est réducteur compte tenu des enjeux qu'elle représente dans l'économie de l'information.

1.2/ Prolongements¹⁴

Mayère (1990) repère à côté des définitions de l'information des « ingénieurs » (dont celle de Shannon) les travaux des biologistes, des cybernéticiens et des psychologues¹⁵.

1.2.1/ L'information des biologistes à la recherche du sens

Partant de la théorie de Shannon, Atlan (1972) approfondit les questions d'information, d'ordre et de bruit à partir des recherches menées sur les systèmes auto-organiseurs qui identifient deux propriétés : ces systèmes non seulement résistent au bruit de façon efficace mais ils sont capables de l'utiliser jusqu'à le transformer en facteur d'organisation. Il montre alors que le degré d'organisation dans des systèmes complexes consiste en un arbitrage dynamique¹⁶ entre d'une part une certaine variété de réponses possibles pour répondre à la

¹³ C'est le sens de la critique d'Arrow (1974) qui définit la théorie mathématique de l'information comme une théorie de l'offre d'information et qui propose de définir l'information comme tout signal susceptible d'altérer la distribution des probabilités subjectives des individus (c'est à dire de leurs croyances).

¹⁴ Nous laissons ici de côté des approches par ailleurs traitées dans Mayère (1990, pp. 34-41) et Thépaut (1997, pp. 40-42), Thépaut & Sakalaki (1993, pp. 137-167).

¹⁵ Sous des formulations différentes, cf. aussi Thépaut (1997, pp. 36-42).

¹⁶ La dimension temporelle est centrale dans l'analyse de Atlan : la mesure de la variation d'information va dépendre d'une part de la variation de la redondance et de la déviation par rapport au degré de complexité maximale.

variété d'agressions potentielles de leur environnement, d'autre part en une certaine redondance identifiée comme réducteur de bruit.

La vision de Shannon selon laquelle le bruit génère une perte d'information est mise en perspective en différenciant le contexte dans lequel il se réalise. Si l'on considère une transmission (une « voie de communication ») isolée de son système, l'ambiguïté introduite par des facteurs de bruit diminue la quantité d'information transmise. Par contre, si l'on se place au niveau du système dans son ensemble, le bruit diminue la redondance globale du système et augmente donc sa quantité d'information¹⁷.

Atlan redéfinit à partir de cette analyse l'information au sens de Shannon comme la mesure de l'incertitude de l'observateur sur le système étudié, c'est à dire la mesure de l'information qui lui manque sur ce système : c'est une mesure de sa complexité. La signification de l'information devient dans cette approche l'ensemble des effets de la réception de cette information sur son destinataire¹⁸, ce qui implique une redéfinition de l'information comme processus d'échange entre un système auto-organisateur et son environnement.

Laborit (1974) se démarque quant à lui nettement de la théorie mathématique de l'information en s'intéressant à la structure du message plutôt qu'à la quantité d'information transmise par le message. Il distingue deux types d'information qui sont l'information-structure, qui définit l'agencement des niveaux organisationnels du système et l'information-circulante qui est le signal relatif aux modifications de l'environnement du système. Ces deux formes d'information sont articulées de telle manière que le système évolue en fonction de ses caractéristiques internes et des modifications de son environnement.

1.2.2/ L'information de rétro-action de Wiener

Wiener définit l'objet de la cybernétique comme étant l'étude des messages modifiant le comportement de ceux qui les reçoivent. Pour lui, l'information va être ce qui permet la mise en phase entre le système (l'individu) et son environnement, ces deux entités se transformant mutuellement : « l'information est le nom du contenu de notre échange avec le monde extérieur pendant que nous nous ajustons à celui-ci et que nous lui faisons subir le processus

¹⁷ Comme le précise Mayère (1990, p. 28), « le bruit n'est donc pas nécessairement destructeur d'information. Dans les systèmes auto-organisés, il prend la forme de facteurs aléatoires de l'environnement qui, en produisant des « erreurs » dans le système, développent sa variété ».

¹⁸ « Ce qui équivaut à l'existence d'une relation fonctionnelle bi-univoque entre un message et une action, tous deux étant supposés parfaitement identifiables », cf. Garrouste (1998, p. 96).

de cette adaptation. Le processus de réception et d'utilisation de l'information est celui de notre ajustement au milieu extérieur et de notre vie affective sous l'influence de celle-ci »¹⁹.

L'action en retour (ou feed back) implique un processus itératif de collecte d'informations sur les modifications de l'environnement, effectué par le système, et qui vont le modifier à deux niveaux : au niveau des ajustements qu'il va apporter à ses actions d'une part, au niveau du modèle d'action qu'il a élaboré d'autre part. Lorsque le système en vient à modifier ses propres règles de comportement définies par son modèle d'action, afin notamment d'être mieux préparé aux variations des contraintes de son environnement, on est en présence d'un processus d'apprentissage.

1.2.3/ L'information dans la « science de l'artificiel : l'apport de Simon

Simon (1991) propose une démarche originale qui se démarque fortement à la fois de la théorie mathématique de la communication, qui ne s'intéresse pas au problème de sens des messages, et de la cybernétique, fondée sur une analogie entre le fonctionnement du système nerveux et celui des machines numériques qui évacue les problèmes d'ordre physiologique et psychologique²⁰. Il distingue les phénomènes naturels gouvernés par les lois dictées par la Nature et les phénomènes artificiels adaptés aux buts et intentions de l'homme.

Pour faire face à la complexité de son environnement et s'y adapter, l'homme utilise un système de traitement de l'information défini comme un artefact : sa pensée. Cette dernière est définie ainsi parce qu'elle est construite par l'action conjointe de l'apprentissage individuel et de la transmission sociale du savoir.

Il identifie à partir d'expériences menées en laboratoire un certain nombre de caractéristiques de ce système de traitement qui vont venir en limiter la performance : le mode de traitement de l'information est tout d'abord séquentiel (les opérations ne sont pas combinées mais successives), ensuite la vitesse de traitement et le nombre de variables traitées sont limitées par la faible capacité de la mémoire court-terme, enfin les traitements trop complexes nécessitent que l'on mobilise des outils externes (tels que des ordinateurs). Ces limites impliquent que l'homme va rechercher non pas une solution optimum, qui supposerait qu'il dispose d'une méthode pour trouver l'optimum et de l'ensemble des actions possibles, mais une solution satisfaisante (un satisfecit) au regard d'un critère de choix préalablement fixé.

¹⁹ Wiener (1952), *Cybernétique et société*, Edition des deux rives, cité dans Mayère (1990, p. 43).

²⁰ Thépaut (1997, p. 39) précise également le risque d'un « réductionnisme progressif vers la physique » rejeté par Simon.

Le processus de résolution de problèmes va en être modifié au sens où il va devoir s'appuyer sur un processus de collecte d'information dont le rôle va consister à identifier les différences entre la situation présente et la situation qu'il faut atteindre. Cette comparaison est effectuée non seulement *ex ante* pour définir le choix de l'action, mais aussi *ex post* pour évaluer sa pertinence dans l'atteinte de l'objectif.

On retrouve ici le lien entre information et action déjà présent chez Wiener qui décrit un phénomène d'adaptation à l'environnement proche de celui de Simon. Cette conception aboutit à la définition de l'information comme processus d'adaptation au système concerné²¹.

1.3/ Vers une définition

C'est Mayère (1990, pp. 56-57) qui fait la synthèse des différentes approches et qui identifie les différentes caractéristiques de l'information qui déterminent les conditions de sa valorisation économique :

- l'information n'existe pas en soi, elle ne devient information que dans un processus impliquant le système qui l'acquiert, avec pour conséquence le fait que celui que l'on considère comme le récepteur (passif) dans un échange d'information est le co-producteur de l'information qu'il a reçue. On retrouve ici une dimension essentielle aussi bien chez les biologistes (Atlan, Laborit) que chez Wiener ou Simon ;
- l'information est relative au système qui l'acquiert, à la fois dans son utilisation et dans sa signification qui se définissent conjointement²².

A ces caractéristiques est associée la définition suivante inspirée de Mac Kay²³ : « L'information est ce qui forme ou transforme une représentation dans la relation qui lie un système à son environnement » et qui n'est pas très opérationnelle pour l'analyse économique²⁴.

²¹ Cf. LeMoigne (1998) pour une modélisation systémique de l'information.

²² La troisième caractéristique identifiée par les psychologues de Palo Alto est que chaque information est entachée d'incertitude. Thépaut (1997, p. 43) fonde sa typologie sur les deux premières caractéristiques identifiées par Mayère.

²³ Cité par LeMoigne (1973) : « L'information est ce qui forme ou qui transforme une représentation ».

²⁴ On notera chez Thépaut (1997, p. 42) une définition proche : « l'information est ce qui forme ou transforme une représentation dans la communication complexe entre un système, un individu par exemple, et son environnement naturel, institutionnel ou humain ».

Section 2 : La théorie économique de l'information

Il s'agit ici de la science économique de l'information : place de l'information dans les théories économiques.

2.1/ Le modèle standard²⁵

Le modèle standard de base est le modèle d'équilibre général de Walras (1870), il fonde la théorie néo-classique dominante en science économique. L'objectif de ce modèle est de fournir une explication du fonctionnement du système de marché décentralisé à partir des comportements individuels des agents économiques (individualisme méthodologique). L'information y tient un rôle prépondérant dans la mesure où elle est le lien nécessaire et suffisant qui assure la cohérence du système d'agents interdépendants.

2.1.1/ Agents économiques et marché

Deux catégories d'agents économiques y sont représentés, les producteurs et les consommateurs. On suppose que chacun a un comportement rationnel consistant dans la maximisation d'une fonction objectif sous contrainte.

Le consommateur individuel cherche à maximiser son utilité, c'est à dire la satisfaction qu'il retire de la consommation des biens et services, sous contrainte de ressources qui sont ses dotations initiales et du système de prix des biens et services qu'il désire.

Le producteur individuel cherche quant à lui à maximiser son profit sous contrainte de sa fonction de production (qui définit la technologie qu'il emploie) et du système de prix qui concerne les biens et services qu'il veut produire ainsi que les facteurs de production qu'il peut employer.

Le marché va agréger les demandes et offres individuelles obtenues par les programmes de maximisation respectifs des agents pour définir produit par produit les demandes et offres globales. Ce processus d'agrégation ajuste les décisions individuelles grâce au système de

²⁵ On distingue habituellement économie d'échange pur et économie d'échange et de production. La première concerne les problèmes de prix et de répartition lorsque n individus échangent des quantités fixées de k biens à partir de dotations initiales en biens. Dans la seconde, les dotations initiales sont constituées des biens sous forme de capacité de travail, temps de loisir et de droits de propriété sur une fraction du capital et/ou des rentes de la terre.

prix qui est ainsi l'instrument de régulation du marché assurant l'équilibre général de tous les biens et services.

2.1.2/ Système de prix et processus de tâtonnement

Les agents sont considérés dans le modèle de base comme des « preneurs de prix » (*price takers*), c'est à dire qu'il vont formuler leur choix de consommation et de production en prenant comme donnés les prix de marché. Le processus par lequel on aboutit à un équilibre général entre offre globale et demande globale pose problème dans la mesure où il suppose que les prix soient à la fois les paramètres des programmes de maximisation des agents et les variables par lesquelles les offres et demandes vont s'ajuster. Arrow (1974) relève ainsi un paradoxe logique concernant ce système de prix qui détermine d'un côté le niveau des offres et des demandes tout en étant déterminé par elles afin d'aboutir à l'égalisation des offres et demandes.

Une solution va être donnée par Walras lui-même qui définit un processus de tâtonnement permettant d'aboutir de manière séquentielle à l'équilibre général :

- on part d'une situation initiale hors équilibre définie par un certain vecteur de prix ;
- chaque individu maximise sa fonction objectif à partir de ces prix initiaux et formule ses offres et ses demandes de biens ;
- on compare ses offres et ses demandes et on ajuste les prix en fonction des déséquilibres observés : le prix augmente pour les biens dont la demande est inférieure à l'offre , le prix diminue pour les biens dont la demande est inférieure à l'offre ;
- les agents reformulent leurs offres et demandes respectives à partir de ce nouveau vecteur de prix et on revient à l'étape précédente tant que l'équilibre entre offres et demandes de biens n'est pas atteint ;
- ce n'est qu'une fois l'équilibre atteint que les échanges entre consommateurs et producteurs s'établissent.

Il revient à Uzawa (1960) d'avoir explicité ce processus en définissant une entité extérieure au marché chargée de définir les vecteurs de prix successifs et d'enregistrer les offres et demandes individuelles. Le « commissaire priseur » est ainsi l'élément essentiel pour expliquer le processus de convergence vers l'équilibre du marché à partir duquel seulement les échanges se font. C'est alors un élément extérieur au marché qui va permettre sa

régulation en transmettant aux agents l'information dont ils ont besoin pour prendre leurs décisions²⁶.

2.1.3/ L'information dans la théorie néo-classique

Parmi les nombreuses hypothèses du marché de concurrence pure et parfaite²⁷, l'hypothèse de base relative à l'information est celle de transparence du marché, qui recouvre en fait deux dimensions : les agents connaissent parfaitement les conditions dans lesquelles ils prennent leurs décisions et ils en sont informés gratuitement.

2.1.3.1/ L'information parfaite

Elle correspond au fait que les individus sont informés de telle manière qu'aucune incertitude ne subsiste au moment où ils établissent leurs plans de consommation ou de production. Comme les décisions sont individuelles et ne dépendent pas de celles des autres agents, ils n'ont besoin que des informations concernant leurs propres programmes de maximisation²⁸. Ces informations vont être transmises par le système de prix qui transforme l'ensemble des informations initiales, relatives aux caractéristiques des consommateurs et producteurs (fonctions d'utilité, de production, offres et demandes individuelles) en grandeurs homogènes et mesurables²⁹.

2.1.3.2/ L'information gratuite

Les informations transmises par le système de prix sont produites et diffusées sans coût et disponibles instantanément, ce qui implique d'une part que les agents économiques n'ont pas d'effort financier à consacrer à la production, au collecte et au traitement de l'information

²⁶ Sur les dépassements de l'hypothèse du commissaire priseur et l'élaboration de modèles "réalistes" d'ajustement de prix, cf. Thépaut & Sakalaki (1993, pp. 214-239) qui présentent notamment Arrow (1959), Gordon & Hynes (1970), Fisher (1972) et Barro (1972).

²⁷ Cf. Hicks (1946) et Samuelson (1947).

²⁸ « La modestie apparente de l'information nécessaire est un des aspects les plus appréciables du modèle néo-classique, à la fois au sens descriptif parce que les problèmes de décision de l'agent apparaissent gérables pour lui et pour l'économiste qui l'étudie, et au sens normatif, parce que le système permet à ses membres de consacrer leur temps et leurs efforts à produire des biens plutôt qu'à une répétition inutile de l'information » (Arrow, 1974, p. 4).

²⁹ On peut ajouter que deux conditions relatives au système de prix garantissent qu'il joue son rôle de transmetteur d'information : l'élasticité des prix doit être infinie et les prix doivent être immédiatement flexibles par rapport aux modifications de l'environnement.

nécessaire à leur prise de décision, d'autre part qu'ils n'auront pas à arbitrer entre ces activités informationnelles et la consommation ou la production de biens et services.

Finalement, dans le modèle néo-classique standard, l'information des agents est simple (les prix sont la seule source d'information utile pour la prise de décision), directe (le commissaire priseur transforme l'activité économique « réelle » en signaux sous forme de prix), anonyme (le prix d'un bien synthétise l'ensemble des offres et demandes individuelles) et instantanée. Cela revient, si l'on suit Thépaut (1997, pp. 46-47) à supposer que les agents ont une structure d'information identique, au sens où ils bénéficient tous des informations nécessaires à leur prise de décision, ils sont également informés. L'information est symétrique au sens où elle est disponible instantanément pour tous ceux qui en ont besoin.

2.1.4/ Equilibre général et optimum collectif

La notion d'optimum de Pareto va enrichir l'équilibre général walrasien en lui associant un critère de « bien-être » collectif, afin de savoir si l'équilibre général concurrentiel est le meilleur état réalisable du système économique. Un état réalisable définit une allocation des ressources entre les différents ménages constituant l'économie, il représente donc une certaine répartition des richesses. On dira qu'un état réalisable E' est préféré au sens de Pareto à un état réalisable E si l'utilité (la satisfaction) de chacun des consommateurs est plus grande ou égale à l'état E' qu'à l'état E , l'inégalité étant stricte pour au moins l'un d'entre eux. Un état réalisable est par conséquent un optimum de Pareto s'il n'est pas possible de déterminer des états réalisables qui lui soient préférés selon le critère de Pareto. L'état qui sera préféré à tous les autres sera donc celui pour lequel il n'est pas possible d'améliorer l'utilité d'un consommateur quelconque sans réduire l'utilité d'au moins un autre consommateur.³⁰

Le lien entre équilibre général et optimum au sens de Pareto est exprimé sous la forme des deux théorèmes de l'économie du bien-être qui sont définis dans le cadre d'hypothèses restrictives³¹ :

³⁰ Par ailleurs, il faut noter que le critère de Pareto ne définit qu'un ordre partiel et pas un ordre total entre tous les états réalisables, il ne permet pas de déterminer l'optimum des optimum. Il ne permet donc pas de se prononcer sur le caractère inégalitaire ou non de l'allocation des ressources au sens de la « justice sociale ».

³¹ Existence d'un système complet de marchés et absence d'effets externes pour le premier, convexité des préférences et des ensembles de production pour le second.

- tout équilibre général de marchés de concurrence parfaite (équilibre concurrentiel) est un optimum de Pareto
- on peut associer un équilibre concurrentiel à tout optimum de Pareto

La correspondance entre équilibre général concurrentiel et optimum de Pareto dépend drastiquement d'hypothèses relatives à l'absence de rendements croissants, d'effets externes et de biens ayant les propriétés de biens collectifs. Or ces hypothèses sont levées lorsque l'on prend en compte un certain nombre de caractéristiques de l'information dans le système économique.

2.1.5/ Le marché informationnellement efficient : Hayek (1945)

Dans cet article séminal qui s'inscrit dans le cadre des débats autour du choix d'un système de prise de décision centralisé ou au contraire décentralisé³², Hayek définit le problème économique central comme étant celui de « l'utilisation de la connaissance, laquelle n'est donnée à personne dans sa totalité »³³. C'est à partir de ce critère qu'il est possible de déterminer quel est le système le plus efficace.

La connaissance qu'il décrit est une connaissance « pratique » qui est celle dont a besoin « l'homme de terrain »³⁴, c'est à dire l'agent économique de base (consommateur ou producteur), pour prendre ses décisions économiques. Hayek la définit plus précisément comme « la connaissance de circonstances particulières de temps et de lieu »³⁵, qui est imparfaite (et asymétrique puisque « dispersée entre de nombreux agents »³⁶) puisque limitée à l'environnement immédiat des agents. Aoki (1986) ou Arrow (2000), interprètent cette connaissance comme étant tacite³⁷ dans la mesure où elle est générée et transmise à travers les expériences et contacts de terrain. C'est le système de prix dont la fonction réelle est d'être un « mécanisme de communication de l'information »³⁸ qui va fournir aux agents l'information requise pour la prise de décision. Ce système de prix est paré de nombreuses vertus : il économise la connaissance au sens où il est capable de sélectionner l'information pertinente à transmettre et les agents à qui il faut la transmettre, de plus c'est mécanisme qui fonctionne

³² Ou débat Lange-Lerner-Taylor-Hayek (Grossman & Stiglitz, 1976, p. 252).

³³ Hayek (1986 [1945], pp. 118-119). Les références des pages sont celles de la traduction française de 1986.

³⁴ Op. cit. p. 126.

³⁵ Op. cit. p. 121.

³⁶ Op. cit. p. 128.

³⁷ Alors qu'Hirshleifer (1973) la nomme « information d'application spécifique » opposée à l'information d'application générale qu'est la connaissance scientifique.

³⁸ Op. cit. p. 129.

« sans direction consciente »³⁹ (Hayek se place ainsi en héritier du concept de main invisible d'Adam Smith) et qui a été capable de générer la division du travail et la coordination de l'utilisation des ressources en rétablissant la symétrie informationnelle entre agents. C'est un système dans lequel « l'information est sans arrêt communiquée et acquise »⁴⁰.

Il ramène enfin les débats autour du rôle du système de prix au rang de « débats méthodologiques »⁴¹ (donc sans intérêt pratique concernant le problème économique fondamental).

Finalement, Hayek introduit des agents dans une situation d'asymétrie informationnelle initiale (le stock de connaissance initial est donné et réparti) qui se trouve finalement résolue par le système de prix qui concentre toute l'information, cette information portant finalement sur la rareté qui est à la base du processus d'allocation (Arrow, 2000). Par ailleurs, comme le fait remarquer Hirshleifer (1973), seul le processus d'utilisation de l'information est développé, pas celui de sa production.

2.2/ La prise en compte de l'incertitude

2.2.1/ Des catégories analytiques aux frontières floues

La prise en compte de l'incertitude va donner lieu à un certain nombre de distinctions analytiques qu'il est parfois malaisé de manipuler. Une première distinction est opérée généralement entre l'incertitude de marché et l'incertitude événementielle (Hirshleifer & Riley, 1979).

L'incertitude de marché va concerner la méconnaissance qu'ont les agents économiques du comportement d'autrui, synthétisé par les offres et demandes de biens et services. Chaque agent va connaître parfaitement ses propres ressources et opportunités de production mais ne connaîtra pas parfaitement les offres et demandes des autres agents, avec pour conséquence un certain nombre de fluctuations des quantités échangées et donc des problèmes de compatibilité entre les plans des agents. C'est dans cette mouvance que l'on trouve la plupart des travaux en économie de l'information à partir de l'article fondateur de Stigler (1961).

³⁹ Op. cit. p. 130.

⁴⁰ Op. cit. p. 135.

⁴¹ Op. cit. p. 133.

L'incertitude technologique ou « événementielle » (Hirshleifer, 1971, Hirshleifer & Riley, 1979, 1992) va concerner la réalisation des états du monde futurs. Dans ce cas, chaque agent connaît parfaitement les termes de l'échange (ce qui permet de garder l'hypothèse de marchés parfaits où les accords se font sans coût au prix d'équilibre) mais ne connaît pas les ressources et opportunités de production exogènes (comme par exemple les conditions climatiques).

La première catégorie (incertitude de marché) renvoie aux variables endogènes du système économique alors que la seconde renvoie aux données exogènes. C'est sur la base de cette distinction que Hirshleifer & Riley introduisent, en choisissant de ne traiter que le problème de l'incertitude événementielle, une autre distinction entre d'une part l'économie de l'incertitude, qui considère un agent passif ne cherchant qu'à s'adapter à l'incertitude, et l'économie de l'information qui considère au contraire un agent actif qui va essayer de réduire son incertitude initiale par une activité informationnelle visant à modifier ses croyances initiales quant à la probabilité de réalisation des états du monde⁴².

2.2.2/ Incertitude probabilisable versus incertitude non probabilisable : Knight (1921)⁴³

L'entrepreneur vit dans un univers caractérisé à la fois par des changements perpétuels et progressifs qu'il peut prévoir et par un certain nombre de chocs exogènes imprévisibles qui vont venir modifier ses calculs. Le premier type d'événements est pour cet entrepreneur susceptible de mesure et Knight va qualifier cette sorte d'incertitude « risque » alors que les événements aléatoires sont par nature non évaluables en termes de probabilité et il va leur associer le terme d'incertitude. Face à l'écueil que représente cette distinction pour la théorie de la décision en économie, la théorie économique va avoir tendance à définir la rationalité du comportement de l'agent (producteur ou consommateur) à partir d'un ensemble d'axiomes pour montrer que cet agent se comporte « comme si » il avait assigné d'une part une certaine probabilité à chaque événement anticipé, d'autre part un certain niveau d'utilité aux conséquences respectives des réalisations de ces événements. Cette approche normative est à l'origine d'un grand nombre de débats autour de la capacité des modèles économiques à faire de la prévision mais elle constitue une caractéristique durable de la théorie économique

⁴² Ce choix découle d'une volonté pédagogique de présenter dans leur article de 1979 l'économie de l'incertitude et l'économie de l'information telle qu'elle est formalisée dans les travaux de Marschak & Radner (1972). Par ailleurs, notons que Garcia (1986) différencie économie de l'incertitude et économie de l'information en considérant que l'information est exogène dans le premier cas et endogène dans le second.

⁴³ Sur les débats autour de cette notion, cf. Thépaut (1997, pp. 49-54), Thépaut & Sakalaki (1993, pp. 162A-162G).

standard. Comme le précisent d'ailleurs Hirshleifer & Riley (1979, p. 1375), « les développements théoriques dans le domaine de l'incertitude et de l'information en économie sont assis sur deux pierres de touche » qui sont d'une part le théorème de l'utilité espérée de Von Neumann et Morgenstern (1944), d'autre part la formulation des biens finaux ou des objets de choix en univers incertain comme demandes de biens contingents par Arrow (1953) et Debreu (1959), qui restreignent l'accès à des biens (ou paniers de biens) à certains états du monde.

2.2.3/ Les fondateurs

2.2.3.1/ Von Neumann & Morgenstern prolongés par Savage

Dans leur ouvrage fondateur de 1944, Von Neumann & Morgenstern décrivent la situation d'un agent économique qui doit faire un choix parmi différentes alternatives dont le degré d'incertitude (de certitude) varie. Les alternatives incertaines consistent en une combinaison aléatoire des alternatives certaines auxquelles sont associées des probabilités de réalisation objectives.⁴⁴, parmi lesquelles des alternatives certaines. Trois axiomes⁴⁵ principaux sont ensuite posés :

- 1) il existe un ordre complet de préférences sur l'ensemble des alternatives
- 2) si A1, A2 et A3 sont des perspectives rangées dans cet ordre (A1 étant préféré à A2 qui est préféré à A3), il existe une combinaison aléatoire de A1 et A3 équivalente à A2
- 3) dans une combinaison aléatoire donnée, le remplacement d'une alternative par une autre qui lui est équivalente ne modifie pas le classement de cette combinaison aléatoire par rapport aux autres.

Les deux résultats déduits de ces postulats sont d'une part, le fait que l'ordre des préférences peut être représenté par une fonction continue des probabilités associées aux alternatives certaines qui composent les combinaisons aléatoires, d'autre part le fait l'utilité de chaque combinaison aléatoire est égale à l'espérance mathématique de ses composantes. Cette dernière propriété suppose donc que l'utilité associée à chaque alternative soit cardinale.

⁴⁴ Il s'agit en fait de loteries dont on peut mesurer objectivement les espérances de gain.

⁴⁵ Indépendamment de la formulation initiale de Von Neumann & Morgenstern (1944), on en trouve également une présentation dans Marschak & Radner (1972, pp.5-24).

Finalement Von Neumann & Morgenstern aboutissent donc à l'existence d'une échelle cardinale d'utilité permettant aux agents économiques d'établir leurs choix à partir d'un comportement qui consiste dans la maximisation de l'utilité espérée.

Les choix considérés par Von Neumann & Morgenstern se font en situation de risque qui se traduit par une distribution de probabilité objective définie par la nature même du problème et non par les évaluations personnelles (subjectives) de la situation par les agents. Cette hypothèse est peu réaliste dans la mesure où les agents disposent rarement de ce genre *lois* de la Nature et vont plutôt formuler alors des jugements sur la vraisemblance des différents résultats possibles. C'est l'objet même de la théorie des probabilités subjectives établie par Savage (1954) qui considère que, même si les états du monde ne peuvent être associés à des probabilités objectives et connues, les restrictions de cohérence sur les préférences concernant les loteries impliquent quand même que les décideurs se comportent comme si des utilités étaient associées aux résultats des décisions, des probabilités étaient associées aux états de la nature et enfin les décisions étaient prises en utilisant des espérances d'utilité. Il s'agit en quelque sorte d'une généralisation de la théorie de Von Neumann & Morgenstern aux situations d'incertitude au sens de Knight.

2.2.3.2/ La théorie des marchés contingents d'Arrow-Debreu

Arrow et Debreu ont chacun de leur côté proposé une extension de la théorie de l'équilibre général au cas où existe de l'incertitude⁴⁶ avec pour objectif l'étude de l'allocation optimale des ressources dans un cadre où l'incertitude se rapporte à l'environnement⁴⁷. Ils supposent que plusieurs états possibles sont susceptibles de se produire dans le futur et que leur réalisation est indépendante des individus.

Leur analyse modifie fondamentalement la définition du concept de bien économique. Un bien donné, dont les caractéristiques sont spécifiées et qui est disponible en un lieu donné à un instant *t* est supposé remplir des rôles différents selon l'état de la nature qui se réalise en *t* (exemple du blé dont les caractéristiques dépendent de la météorologie donc de la réalisation d'un état de la nature – pluie, soleil etc...). A la différence d'un bien « certain » qui est défini

⁴⁶ La légende veut que les deux Nobel n'aient pas communiqué sur le sujet au moment de leurs recherches. Arrow a apparemment été le premier à présenter un travail sur ce sujet dans une communication au Colloque international d'économie de Paris en 1952 (publiée en 1953) alors que Debreu a publié dans son ouvrage de 1959 un chapitre sur l'incertitude qui datait en fait de l'été 1953....

⁴⁷ « l'incertitude de l'environnement [...] provient du choix fait par la nature parmi un nombre fini d'alternatives », Debreu (1959).

par ses propriétés physiques, la date et le lieu de disponibilité, un bien incertain (appelé bien « contingent ») est également défini par l'état de l'environnement au moment où il est disponible. Sur le marché, le contrat de livraison d'un bien va alors spécifier en plus des caractéristiques habituelles quel est l'événement dont la réalisation conditionne la livraison. Pour s'assurer d'une livraison certaine, il s'agit alors de réaliser l'ensemble des contrats élémentaires couvrant tous les événements possibles.

Le modèle d'Arrow-Debreu pose ainsi l'existence d'un système complet de marchés, chaque marché étant associé à un bien particulier pour chaque période et pour tout événement réalisable à cette période. Dans le cadre ainsi défini, les agents économiques définissent en début de période leur plans pour la période en cours ainsi que ceux qui concernent les périodes futures.

L'équilibre général qui s'établit est intertemporel et résulte de manière classique d'un processus de tâtonnement prenant en compte l'ensemble des offres et demandes pour tous les biens présents ou futurs. De ce point de vue, l'introduction de l'incertitude ne modifie pas formellement le modèle initial puisque l'hypothèse d'information parfaite est maintenue et s'accompagne simplement d'une connaissance de tous les états possibles élargie aux périodes futures : c'est le contexte de la prise de décision qui est étendu avec la prise en compte des marchés contingents, ce qui revient à remarquer que l'hypothèse d'un système complet de marché élimine l'incertitude du modèle.⁴⁸ Comme le précise enfin Stiglitz (2000, p.1444), le modèle Arrow-Debreu stipule qu'il n'y a pas de problème d'application des contrats.

2.2.4/ Eléments de théorie de la décision en situation d'incertitude événementielle⁴⁹

Dans la prise de décision en incertitude, l'individu choisit parmi plusieurs actions possibles et on considère que la nature « choisit » parmi des états possibles.

Une représentation de ce type de situation est une matrice de gains représentant en colonne les états possibles et les niveaux d'utilité associés à chaque action, en ligne les actions et les probabilités affectées à chaque état :

⁴⁸ Radner (1968) montre l'impossibilité de l'existence de contrats complets en situation d'incertitude.

⁴⁹ Cette présentation est inspirée de Hirshleifer & Riley (1979).

	Etats de la nature	Utilité
actions		
Probabilités des états		

Généralement, le problème de décision individuelle nécessite :

- la spécification d'un ensemble d'actions $A = (a_1, \dots, a_N)$
- une fonction de probabilité $IP(s)$ exprimant les croyances quant à la réalisation des états de la nature $s = (s_1, \dots, s_N)$
- une fonction de rétribution $c(a,s)$ qui donne le revenu pour chaque combinaison (action,état)
- une fonction d'utilité $v(c)$

A partir de ces 4 éléments, la règle de l'utilité espérée permet à l'individu de classer les actions réalisables en termes de préférences, c'est à dire d'établir une fonction d'utilité $u(a)$ de telle manière qu'il pourra déterminer l'action préférée.

2.2.4.1/ L'ensemble des actions

Hirshleifer & Riley (1979, p. 1378, 1992) distinguent les actions terminales des actions informationnelles : les actions terminales consistent à réaliser la « meilleure combinaison existante entre information et ignorance », ce qui dans la théorie statistique correspondrait à l'arbitrage entre risque de première et de seconde espèce sur la base des données disponibles. Dans le monde économique, il existe un certain nombre d'arrangements interpersonnels (contrats d'assurance) permettant d'élargir les options en termes d'actions disponibles pour les individus. Ces mécanismes fournissent une variété de moyens de partages du risque et de rendements parmi les décideurs.

Les actions informationnelles sont celles pour lesquelles la décision finale est reportée dans l'attente de nouvelles informations (certaines) qui vont réduire l'incertitude. Dans le monde des affaires, les transactions interpersonnelles permettent d'acquérir de l'information indépendamment des techniques d'échantillonnage étudiées en statistique. Elle peut être achetée ou déduite de la surveillance du comportement des autres, ou même volée. Ces deux types d'actions spécifiques vont correspondre respectivement à l'économie de l'incertitude qui couvre les décisions prises à partir de croyances concernant les probabilité fixées (c'est à

dire les actions terminales) et l'économie de l'information qui couvre également les actions non terminales.

2.2.4.2/ La fonction de probabilité

On part ici de l'hypothèse selon laquelle chaque individu est capable de représenter ses croyances quant à la vraisemblance des différents états du monde par une distribution de probabilité subjective (Savage, 1954), le degré d'incertitude subjective étant reflété par la dispersion des pondérations de probabilité sur les états possibles.

L'idée selon laquelle le concept de probabilité est inapplicable dans le cas d'une vraie incertitude (incertitude radicale ou incertitude au sens de Knight) est rejetée avec force. L'argument central consiste à affirmer qu'il est « suffisant de savoir que l'approche subjective ou en termes de degré de croyance s'est révélée fructueuse même pour les situations d'incertitude au sens de Knight »⁵⁰.

2.2.4.3/ La fonction de conséquence

A ce sujet, Hirshleifer & Riley (1979, p. 1379) précisent que « la notion de conséquence englobe toutes les caractéristiques pertinentes de l'environnement de l'individu qui va résulter de l'interaction entre une action particulière et un état de la nature. On peut la concevoir comme un panier de consommation de biens multiples à des dates multiples ». Quoiqu'il en soit, les auteurs considèrent parfois qu'elle correspond simplement au montant (monétaire) d'une variable unique résumant toutes les autres comme le revenu. Il s'agit donc d'une fonction de rémunération.

Dans le cas des actions terminales, les conséquences correspondant à chaque état sont soit certaines, soit probabilisables, en fonction de la définition des états du monde qui est adoptée. Pour les actions informationnelles, les conséquences sont en général probabilisables même si les états de la nature sont définis de manière « déterministe » comme par exemple dans le cas où il faut choisir entre pile ou face lors du jet d'une pièce. La raison en est que l'acquisition d'information ne permet pas ordinairement d'éliminer toute l'incertitude.

⁵⁰ Hirshleifer & Riley (1979, p. 1378). Ils remarquent encore, presque 15 ans plus tard que la distinction de Knight « s'est révélée être stérile. Pour notre objet risque et incertitude sont la même chose » dans Hirshleifer & Riley (1992, p. 10).

Si les états sont par exemple « pluie » ou « soleil », et l'action informationnelle « regarder le baromètre », les conséquences ne seront que des vraisemblances quant au fait que l'on va se comporter de manière appropriée, dans la mesure où la l'observation du baromètre n'est pas un prédicteur parfait de la pluie ou du soleil.

2.2.4.4/ La fonction d'utilité et la règle d'utilité espérée⁵¹

L'utilité, qui représente un indice des préférences est rattachée à la fois aux conséquences et aux actions dans la théorie de la décision en incertitude.

On distingue l'utilité de la conséquence $v(c)$ et l'utilité de l'action $u(a)$, le problème étant de déduire $u(a)$ de l'échelle de préférence initiale des conséquences $v(c)$.

Choisir une action, c'est choisir une conséquence (un gain) dans la matrice de rémunération. Sachant l'affectation des probabilités à chaque état, cela correspond également au choix d'une distribution de probabilité.

Une notation pratique pour l'espérance associée à une action a , dont les conséquences sont $c_a = (c_{a1}, \dots, c_{aS})$ affublées des probabilités respectives $IP = (IP_1, \dots, IP_S)$ est :

$$a \equiv (c_{a1}, \dots, c_{aS}; IP_1, \dots, IP_S)$$

La connexion entre le classement des utilités des actions et le classement des préférences des conséquences est donné par la règle d'utilité espérée de Von Neumann-Morgenstern (1944, pp. 15-31) :

$$u(a) \equiv IP_1 v(c_{a1}) + \dots + IP_S v(c_{aS}) = \sum_{s=1}^S IP_s v(c_{as})$$

Elle définit l'utilité de chaque action $u(a)$ comme l'espérance mathématique (ou moyenne pondérée par les probabilités d'apparition respectives) des utilités des conséquences associées à cette action $v(c_{as})$.

La justification de cette règle est celle-ci : à partir de postulats sur le choix rationnel, il est possible de trouver une fonction de classement des préférences cardinales sur les

⁵¹ pour un exposé des critiques de la règle d'utilité espérée et de la prétendue rationalité du comportement des agents en situation d'incertitude, voir Hirshleifer & Riley (1992). Ces derniers concluent d'ailleurs p. 34 que les paradoxes identifiés ne sont pas le signe des limites de la règle mais le signe « des limites de calcul de l'esprit humain ».

conséquences $v(c)$ telle que le classement des préférences de n'importe quelle paire d'actions (a', a'') coïncide avec le classement obtenu lorsque l'on applique la règle d'utilité espérée.⁵²

2.2.4.5/ Une présentation informelle de la règle d'utilité espérée⁵³

Il s'agit d'essayer de montrer qu'il existe une manière de construire une fonction $v(c)$ qui rende valide la règle de l'utilité espérée en tant que moyen de déduire les préférences concernant les actions des préférences concernant les conséquences.

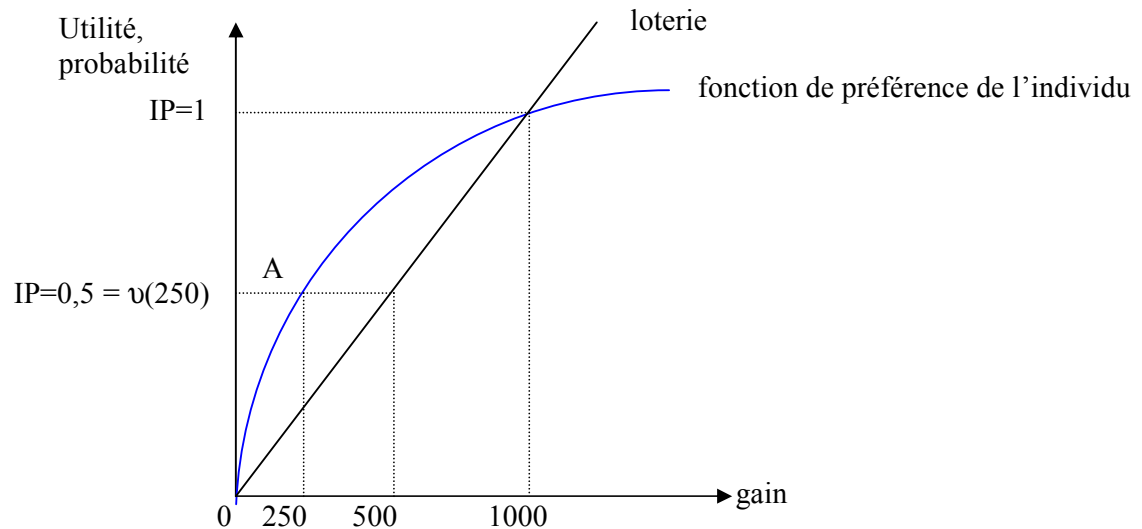
On suppose que les conséquences sont des niveaux de gains reçus par l'individu avec m la conséquence la plus défavorable et M la plus favorable. Comme l'individu « préfère plus d'argent » à « moins d'argent », il définit d'abord une échelle d'utilité ordinale qu'il faut ensuite rendre cardinale : il faut associer des valeurs numériques aux utilités préalablement classées, c'est à dire aux degrés de préférence des différents gains.

Une technique classique pour ce faire est la technique de la « loterie de référence ». Elle consiste à définir un niveau de gain c^* compris entre m et M et à imaginer que l'individu ait à choisir entre c^* certain et une loterie de référence qui lui donne M avec la probabilité $IP(M)$ et m avec la probabilité $IP(m) = 1 - IP(M)$, notée $L(M, m; IP, 1-IP)$. Confronté à ce type de choix, l'individu peut alors se dire que si $IP(M)$ est proche de 1, il préfère la loterie, si au contraire elle est proche de 0 il préférera le gain certain c^* . Il y a alors dans l'intervalle $[0; 1]$ une $IP^*(M)$ pour laquelle l'individu sera indifférent entre c^* et la loterie. Si l'individu peut déterminer $IP^*(M)$, celle-ci devient une mesure cardinale de l'utilité de c^* avec $v(c^*) = IP^*(M)$. En d'autres termes, l'utilité élémentaire de la conséquence c^* est équivalente à l'utilité du choix d'action « loterie ». L'idée est de faire correspondre à l'intervalle de valeurs $[m; M]$ représentant les gains un intervalle de valeurs $[0, 1]$ représentant la fonction d'utilité associée.

⁵² Ce sont les postulats du choix rationnel (Marschak, 1968) qui justifient l'utilisation conjointe des utilités cardinales et de la règle d'utilité espérée pour définir les choix parmi les alternatives risquées. Ils servent de base au théorème repris par Hirshleifer & Riley (1979) : « La règle de l'utilité espérée est utilisable si et seulement si la fonction $v(c)$ est déterminée d'une façon particulière, qui a été appelée l'affectation des utilités cardinales aux conséquences ».

⁵³ Schlaifer (1959) repris par Hirshleifer & Riley (1992).

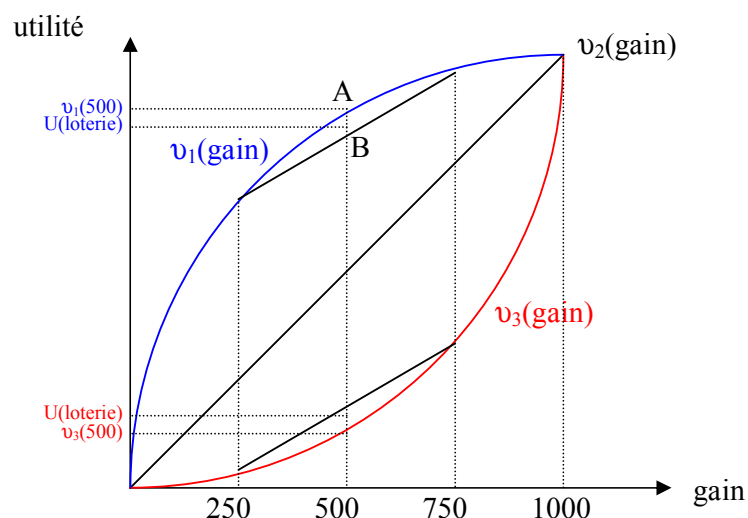
Exemple avec $m = 0$ euro et $M = 1000$ euros



L'individu considéré ici va définir toutes les situations où il est indifférent entre un gain certain et une loterie. Le point A sur sa courbe d'indifférence décrit ainsi qu'il est indifférent entre un gain certain de 250 et un gain de 1000 avec une probabilité de 0,5, ce qui nous permet de définir que l'utilité du gain certain de 250 euros est de 0,5.

A partir de ce type de représentation, on peut identifier les différents types de comportement face au risque, comme le montre l'exemple ci-dessous :

Soit la loterie $L = (750, 250 ; 0,5, 0,5)$ proposée à trois agents. Elle définit que l'agent gagne 750 avec une probabilité $\frac{1}{2}$ et 250 avec une probabilité $\frac{1}{2}$. L'espérance de gain de cette loterie donc l'utilité du choix (loterie) est donc de 500.



L'individu 1 a une aversion pour le risque parce que l'utilité cardinale qu'il accorde au gain certain $v_1(500)$ (ordonnée du point A) est supérieure à l'utilité cardinale qu'il accorde au choix de la loterie (ordonnée du point B) avec $U(\text{loterie}) = 0,5 v_1(750) + 0,5 v_1(250)$.

Sa fonction d'utilité est croissante $\frac{\partial v_1(\text{gain})}{\partial \text{gain}} > 0$ (utilité marginale du revenu positive) et

concave ($\frac{\partial^2 v_1(\text{gain})}{\partial \text{gain}^2} < 0$, ce qui correspond à une utilité marginale du revenu décroissante).

C'est considéré dans la littérature économique comme le cas standard correspondant au fait que les individus détiennent des portefeuilles diversifiés.

L'individu 3 aime le risque parce que l'utilité cardinale qu'il accorde au gain certain $v_3(500)$ est inférieure à l'utilité cardinale qu'il accorde au choix de la loterie $U(\text{loterie})$ avec $U(\text{loterie}) = 0,5 v_3(750) + 0,5 v_3(250)$.

Sa fonction d'utilité est croissante $\frac{\partial v_1(\text{gain})}{\partial \text{gain}} > 0$ (utilité marginale du revenu positive) et

convexe ($\frac{\partial^2 v_1(\text{gain})}{\partial \text{gain}^2} > 0$, ce qui correspond à une utilité marginale du revenu croissante).

L'individu 2 est quant à lui neutre face au risque puisqu'il est indifférent entre les deux choix.

Un certain nombre d'auteurs ont construit des fonctions de préférence concaves pour certaines valeurs du gain et convexes sur d'autres, reflétant le fait que les individus peuvent avoir une

aversion pour le risque pour certaines valeurs de gains et aimer le risque sur d'autres (cf. Markowitz, 1952).

2.3/ L'économie de l'information

Comme on l'a vu précédemment (cf. la section sur les marchés contingents), le modèle Arrow-Debreu tend à éliminer l'incertitude en supposant l'information parfaite, l'existence d'un ensemble complet de marchés contingents et qu'il n'existe pas de problème de mise en œuvre des contrats. Comme le précise Stiglitz (2000, p. 1441), « Le fait de reconnaître que :

- l'information est imparfaite
- l'acquisition d'information peut être coûteuse
- il y a d'importantes asymétries d'information
- l'étendue de ces asymétries dépend des actions des firmes et des individus

a eu des implications fortes sur la sagesse héritée du passé, et a fourni des explications à des phénomènes économiques et sociaux qui auraient été difficiles à comprendre sans cela. ». La prise en compte de l'information et de ses caractéristiques particulières va remettre en cause (et renverser) le modèle néo-classique de base.

2.3.1/ Asymétrie de l'information *versus* imperfection de l'information

L'information parfaite du modèle standard recouvre à la fois la parfaite disponibilité (instantanée) des informations nécessaires à la prise de décision pour les agents individuels et leur gratuité⁵⁴. Les décisions individuelles se prennent sans autre information que celles transmises par le système de prix qui garantit l'anonymat de chacun et, de ce point de vue, les agents n'ont pas besoin de connaître les caractéristiques particulières des autres agents (leurs goûts, leurs technologies) pour formuler leurs décisions.

L'imperfection de l'information va alors naître de l'imperfection du système de prix à transmettre les prix pertinents pour la prise de décision (c'est la problématique de Stigler dans son article séminal de 1961), que cette imperfection naisse des délais d'obtention d'information (levée de l'hypothèse de transmission instantanée) et/ou de son coût d'obtention ou de diffusion (levée de l'hypothèse de gratuité). L'asymétrie d'information va

⁵⁴ Remarquons que Stiglitz (2000, p.1444) associe simplement la perfection de l'information à la capacité parfaite à prévoir tous les états contingents, ce qui explique que dans la citation présentée plus haut il ajoute à l'imperfection de l'information son coût d'acquisition.

quant à elle naître des différences concernant les informations disponibles pour tous les agents et portant sur les caractéristiques des agents eux-mêmes et/ou sur les caractéristiques des biens échangés, ces informations étant considérées comme nécessaires pour une prise de décision optimale (cf. l'article d'Akerlof de 1970).

Dans la littérature, Garcia (1986) associe l'asymétrie d'information à la différence de structures d'information découlant d'une caractérisation imparfaite des états de la nature (c'est à dire à la levée de l'hypothèse de marchés complets pour les biens contingents). Cette association est étonnante si l'on considère la définition donnée par Marschak & Radner (1972, chapitre 2) de ce qu'est une structure d'information, définie comme une fonction mettant en relation un signal, parmi l'ensemble des signaux d'information alternatifs possibles, et un état de la nature. Le fait que les états de la nature ne soient plus complètement spécifiés ne nous permet pas d'en inférer que la fonction de transformation des états en signaux soit différente pour les agents. Une hypothèse de ce type relèverait davantage du problème de rationalité (au sens de capacité de traitement) que du problème de disponibilité de l'information pour les agents.⁵⁵

Finalement, au delà des débats méthodologiques sur la distinction entre information asymétrique et information imparfaite, on distinguera 3 axes de recherche majeurs en économie de l'information :

- le premier initié par Stigler (1961) s'intéresse au comportement de recherche et étudie l'impact du coût d'acquisition de l'information sur l'équilibre ;
- le second, partant d'une mise en perspective d'Hayek (1945) s'intéresse à l'efficacité informationnelle du système de prix, c'est à dire à la nature de la transmission de l'information par les prix ;
- le troisième, s'intéresse aux activités de transmission endogène de l'information et concerne par exemple les mécanismes de révélation et de dépistage des signaux dans l'économie.

⁵⁵ Thépaut (1997, pp. 46-48) semble partir dans la même voie en distinguant la symétrie d'information quand les agents ont la même structure d'information et l'asymétrie d'information lorsque les agents n'ont plus la même structure d'information.

2.3.2/ Recherche d'information et équilibre

2.3.2.1/ L'article fondateurs de Stigler (1961)

Dans ce modèle, les agents connaissent parfaitement leurs propres ressources mais pas les offres et demandes des autres agents. Par conséquent la recherche de partenaires à l'échange (au niveau individuel) remplace l'hypothèse traditionnelle d'échange sans coût (Hirshleifer & Riley, 1979).

Sur un marché décentralisé, les prix changent à des fréquences diverses et aucun acheteur ne peut connaître à chaque instant les prix des différents vendeurs. Un agent qui veut effectuer la meilleure transaction possible, c'est à dire acheter au prix le plus bas connu) va démarcher plusieurs vendeurs : c'est ce qu'il appelle le phénomène de recherche.

La dispersion des prix est expliquée par plusieurs facteurs qui sont le coût de détermination des prix de demande des autres consommateurs sur le marché, le changement d'identité des acheteurs et des vendeurs au cours du temps et la taille du marché (exprimée à la fois en termes de volume d'échanges et en nombre de participants). Cette dispersion des prix est perpétuellement alimentée parce que « la connaissance devient obsolète au cours du temps »⁵⁶. Concernant ce dernier point, l'augmentation de la taille du marché va générer l'apparition de firmes spécialisées dans la collecte et la vente d'informations et l'on tendra vers une situation de monopole dans la fourniture d'information, notamment celle qui est transmise par la publicité. C'est d'ailleurs explicitement la situation qu'il étudie en montrant que la publicité va avoir un effet déterminant sur la dispersion des prix en rendant le processus de recherche très économique : « l'effet de la publicité sur les prix est équivalent à l'effet d'une recherche très importante de la part d'un grand nombre d'acheteurs potentiels, c'est à dire qu'il réduit la dispersion des prix »⁵⁷.

Son modèle suppose que l'individu va chercher à trouver le prix le plus bas à partir d'un tirage au sein d'une distribution aléatoire (mais qui concerne un échantillon de taille préétablie)⁵⁸ et définit, dans la lignée du modèle standard dans lequel il s'inscrit⁵⁹, un montant

⁵⁶ Stigler (1961), p. 219.

⁵⁷ Stigler (1961), p. 224.

⁵⁸ Il considère qu'un individu arrive sur un marché avec une connaissance générale sur le montant de la dispersion qui est une fonction du nombre de recherches lui-même fonction de la nature du bien considéré, p. 219.

optimal de recherche correspondant à une égalisation du coût marginal de la recherche avec son rendement marginal attendu⁶⁰. Dans cette optique, la valeur de l'information va être « la valeur par laquelle [l'information] réduit le coût anticipé des achats »⁶¹.

Il ne traite pas des problèmes d'information sur la qualité qui sont selon lui tout aussi importants mais plus difficiles à analyser sur le plan analytique, même si les phénomènes de réputation sont susceptibles selon lui de réduire l'incertitude sur la qualité des produits. Remarquons enfin qu'à partir d'une situation d'imperfection de l'information, Stigler nous amène dans son modèle à une situation d'asymétrie de l'information⁶².

2.3.2.2/ Critiques et prolongements

Les critiques consécutives à cet article séminal sont nombreuses et concernent principalement deux points : la nature du processus de recherche et la nature de l'équilibre obtenu avec information imparfaite.

Sur le premier point, Nelson (1970) montre qu'une recherche séquentielle est en général supérieure à la règle de Stigler qui postule que la recherche s'établit dans un échantillon de taille préétablie. Dans le processus séquentiel qu'il décrit, la règle optimale consiste à accepter une offre si les conditions sont supérieures à un prix de réserve prédéterminé⁶³.

Sur le second point, Stigler (1961) part d'une problématique de recherche concernant aussi bien les consommateurs que les producteurs mais ne s'intéresse au final qu'au comportement des consommateurs. Pour étudier l'équilibre, il faut également s'intéresser aux producteurs et certains modèles développés ensuite conduisent à un prix d'équilibre concurrentiel (Rothschild, 1973) ou au prix monopolistique. Dans ce dernier cas, Diamond (1971) montre que si chacun a des coûts de recherche, même arbitrairement faibles, on n'a pas besoin d'une distribution de prix parce le prix d'équilibre est le prix de monopole. Cela implique des pertes de bien-être à l'équilibre « disproportionnées comparativement à l'ampleur des coûts de

⁵⁹ Stiglitz (2000) présente ainsi le modèle de Stigler (1961) comme une application parmi d'autres des principes du modèle standard à la recherche d'information. De ce point de vue, Stigler (1961) ne révolutionne pas le modèle standard mais essaie d'élargir son domaine d'application.

⁶⁰ Il précise ainsi p. 215 qu'une « augmentation de la recherche se fait à rendements décroissants mesurés par la réduction espérée du prix de demande (dans le cas d'une distribution normale) ».

⁶¹ Stigler p. 221.

⁶² Nous suivons sur ce point Garcia (1986) qui diffère de Thépaut (2002) qui ne reconnaît à Stigler (1961) que l'hypothèse d'information imparfaite. Or le modèle ne conclue jamais au fait que la publicité atteigne tous les consommateurs potentiels. Par ailleurs Stigler postule en début d'article une asymétrie fondamentale sur les niveaux de dépenses qui déterminent selon lui le niveau d'information atteint par un consommateur.

⁶³ Au niveau macroéconomique, la théorie du *job search* initiée par l'article d'Alchian a donné lieu à un certain nombre de résultats intéressants. Pour une approche détaillée, cf Phelps (1970), pour un résumé des apports dans le cadre de l'économie de l'information, voir Thépaut (1997, pp. 269-278)

recherche » (Stiglitz, 2000, p.1455). Autre point intéressant soulevé par Garcia (1986, p. 92), le coût de la recherche induit l'exploitation par les firmes d'un pouvoir informationnel⁶⁴ les firmes exploitent un pouvoir informationnel (nommé « force de marché » par Garcia).

A la suite d'autres travaux spécifiquement dédiés au problème d'existence d'une distribution de prix à l'équilibre⁶⁵, Salop & Stiglitz (1977) montrent également que l'équilibre s'établit à une distribution de prix et non à un prix unique pour un même bien homogène à partir d'un modèle dans lequel les consommateurs ont des coûts d'acquisition différents. Ils identifient que l'on peut parvenir à quatre configurations d'équilibre (de Nash)⁶⁶ :

- un seul prix d'équilibre au prix concurrentiel : si les coûts sont identiques ou s'il y a suffisamment de consommateurs parfaitement informés, ces derniers générant une externalité positive pour les consommateurs non informés ;
- un seul prix d'équilibre au prix monopolistique ;
- un équilibre à deux prix, le prix concurrentiel étant inférieur au prix monopolistique ;
- la non existence de l'équilibre.

Chan & Leland (1982) généralisent le modèles de Salop & Stiglitz (1977) au cas de biens hétérogènes et introduisent donc une incertitude supplémentaire par rapport à la qualité du produit déjà décrite par Akerlof (1970). Ils obtiennent trois résultats en fonction des hypothèses faites sur le coût d'observation des prix et de la qualité :

- dans le cas où les prix sont coûteux à observer alors que la qualité peut être observée sans coût, ils obtiennent un équilibre à deux prix et les consommateurs non informés paient le prix le plus élevé⁶⁷ ;
- dans le cas inverse (les prix peuvent être observés sans coût mais la qualité est coûteuse à observer), ils obtiennent un seul prix optimal mais deux niveaux de qualité, les consommateurs non informés achetant les produits de mauvaise qualité ;
- dans le cas où les prix et la qualité sont coûteux à observer, les consommateurs non informés paient plus cher pour des produits de mauvaise qualité.

⁶⁴ L'expression exacte est « force de marché », on retrouve ici l'anathème sur le terme « pouvoir » de la part des économistes.

⁶⁵ Rothschild (1974) explique comment la persistance de l'ignorance des agents économiques s'accompagne d'une distribution des prix, dans l'hypothèse où les consommateurs et les producteurs ne connaissent pas la nature exacte de leur environnement économique et ne trouvent pas rentables d'acquérir une information parfaite.

⁶⁶ Sur l'introduction de la théorie des jeux en économie et notamment du concept d'équilibre de Nash, cf. Cahuc (1993).

⁶⁷ Ils retrouvent ici un résultat obtenu par Salop & Stiglitz (1977).

Le principal résultat de ces modèles, c'est qu'en présence d'asymétries informationnelles, les firmes ont la possibilité d'exploiter leur avantage informationnel en demandant un prix supérieur au prix concurrentiel (jusqu'au prix monopolistique). En fonction des hypothèses sur les moyens d'acquisition et de distribution de l'information, plusieurs prix peuvent subsister à l'équilibre pour un même bien. Ces modèles retiennent de plus l'équilibre de Nash et non l'équilibre walrasien de concurrence parfaite.

2.3.3/ La transmission de l'information par les prix

Cette question a été particulièrement étudiée par Grossman (1976), Grossman & Stiglitz (1976, 1980) dont les modèles sont utilisés principalement dans l'étude des marchés financiers, supposés « efficaces » à la suite de Fama (1970)⁶⁸. Ils introduisent un problème non pris en compte dans le cadre du modèle standard d'Arrow-Debreu (qui résout à la date initiale le problème d'allocation des ressources) : l'ajustement du système économique à des informations nouvelles (Stiglitz, 2000).

Le cadre d'analyse de Grossman & Stiglitz (1976) considère les prix comme révélateurs des informations détenues par les agents : à partir de l'idée selon laquelle les cours varient en fonction des informations acquises par les investisseurs financiers, il faut essayer de déterminer à quelles conditions la seule observation des variations de prix permettrait aux agents non informés d'en déduire les informations initiales. Le cas échéant, on qualifiera les prix « informationnellement efficaces ».

Les prix de marché influencent la demande par le biais de la contrainte budgétaire d'une part, par le biais des anticipations d'autre part. Au travers de la contrainte budgétaire, une augmentation (diminution) du prix engendre une baisse (hausse) de la demande (en négligeant les variations induites de la richesse). Au niveau des anticipations ensuite⁶⁹, les prix transmettent de l'information selon un mécanisme bien connu des agents sur les marchés financiers : une augmentation (diminution) des prix est interprétée par les agents non informés

⁶⁸ Une mise en perspective des deux modèles de Grossman & Stiglitz (1976, 1980) est notamment proposée par Orléan (1998).

⁶⁹ Notons que ces modèles s'inscrivent dans le cadre des modèles d'équilibre dits « à la Green-Lucas » qui font l'hypothèse d'anticipations rationnelles et qui définissent non plus un vecteur de prix mais une fonction de prix : le prix est fonction de l'observation d'un signal s : $p = p(s)$. Cf. Lucas (1972) et Green (1973). Hart (1975) montre qu'en général les équilibres ainsi obtenus sont non-optimaux. Voir aussi Hirshleifer & Riley (1979, pp. 1412-1413) sur la définition des anticipations rationnelles et le type d'équilibre obtenu.

comme le résultat des achats (ventes) effectués par les agents informés, ces achats étant eux-mêmes supposés consécutifs à l'obtention d'informations nouvelles ayant révélé aux agents informés une hausse (baisse) future des rendements. Cela amène les agents non informés à copier les agents informés en révisant à la hausse (à la baisse) leurs anticipations donc leur demande. Si les prix révèlent parfaitement l'information, cela concourt à l'efficacité du marché puisque cela permet aux agents non informés de prendre des positions conformes avec les variations des fondamentaux⁷⁰ sur la seule base des prix. Si ce n'est pas le cas, un certain nombre de dysfonctionnements apparaissent.

A partir d'un modèle simple dans lequel deux catégories d'agents, les uns étant informés les autres non informés, ont le choix entre deux actifs, l'un étant risqué et l'autre pas, Grossman & Stiglitz (1976, p. 250) établissent leur fameux paradoxe qui a reçu plusieurs formulations⁷¹ : « Si le marché agrège parfaitement toutes les informations privées, chaque demande individuelle ne dépendra plus des informations de l'individu, mais alors sera-t-il possible que les marchés agrègent parfaitement toutes les informations ? ». Ainsi, si les prix révèlent parfaitement toute l'information, les fonctions de demande individuelles ne dépendent plus que du prix (transmission par la contrainte budgétaire) et plus de l'information personnelle (dont les effets transitent par les anticipations). Si les agents n'utilisent plus leur information privée, comment le système de prix peut-il la capter et la transmettre et donc comment le système de prix peut-il être un agrégat parfait de toute l'information ?

Pour essayer d'apporter une solution à ce paradoxe, Grossman & Stiglitz (1980) introduisent une nouvelle source d'incertitude dans l'offre de biens⁷² afin que le prix ne transmette qu'une information imparfaite. Ils rendent ainsi l'interprétation des prix ambiguë dans la mesure où les agents non informés ne sont plus capables d'identifier dans les variations de prix celles qui sont dues aux modifications des anticipations des agents informés et celles qui sont produites par des chocs d'offre. Cela implique qu'il est toujours avantageux de s'informer avec pour

⁷⁰ Ces fondamentaux étant définis sur les marchés financiers comme la valeur actualisée de tous les dividendes à venir et la valeur actualisée de la société. Ils déterminent le prix d'une action ou d'une obligation sur des marchés efficients (Kirman, 1998, p. 135).

⁷¹ Une version due à Grossman (1976, p. 584) est donnée par Orlean (1998) : « Le paradoxe est que l'efficacité du prix P supprime toutes les incitations des individus à collecter de l'information. Si l'information est coûteuse, personne ne la recherchera puisqu'il est plus simple d'observer P . Pour cette raison P ne saurait être un équilibre si l'information est coûteuse. Seul un équilibre informationnellement imparfait peut être un équilibre dans une économie où l'information est coûteuse ».

⁷² Genotte et Leland (1990) introduisent des chocs exogènes sur l'offre par le biais de *liquidity traders* qui vont acheter ou vendre pour des raisons de liquidité sans rapport avec le niveau des prix (Orlean, 1998).

conséquence la possible existence d'un équilibre lorsque l'information est coûteuse. Dans ce cas en effet, même si l'observation d'un signal est coûteuse, l'acquisition d'information permet un profit supplémentaire qui échappe aux agents non informés du fait de l'imperfection des prix.

Un message fort de ces analyses est que seuls les marchés où les prix ne charrient qu'une information imparfaite existeront à l'équilibre, la qualité informationnelle du prix dépendant d'un certain nombre de paramètres des modèles comme le degré d'aversion au risque des agents informés, la proportion d'agents informés sur le marché, la précision de l'information qu'ils obtiennent et le niveau de bruit affectant l'offre (Orlean 1998)⁷³.

Cette littérature considère les prix comme des signaux exogènes et le dernier point va spécifier les approches qui traitent des signaux endogènes, c'est à dire des signaux transmis par les agents économiques.

2.3.4/ L'échange d'information entre agents

La littérature qui s'intéresse à la transmission de signaux entre agents s'éloigne du cadre contraignant de l'équilibre général pour considérer en priorité des situations d'équilibres partiels représentant un nombre limité d'agents économiques (Salanié, 1994). Pour Garcia (1986), « on entre de plein pied dans le monde des contrats entre individus ». Les parties à l'échange vont avoir des informations inégales sur les caractéristiques du produit ou service faisant l'objet de la transaction, ce qui aboutit à un problème majeur qui est la diffusion de l'information entre agents afin que se réalise l'échange.

Ce problème articule deux dimensions qui sont d'une part la sélection des caractéristiques de l'objet de la transaction et d'autre part la fourniture d'incitations pour les comportements non observables (Stiglitz, 2000).

⁷³ Ainsi, les résultats de Grossman & Stiglitz (1980) reproduits par Orlean (1998, p. 167) sont « conformes à l'intuition » : la qualité informationnelle du prix est d'autant plus grande que l'aversion pour le risque des agents informés est faible, l'information qu'ils obtiennent est précise, la proportion d'agents informés est grande, le bruit perturbant l'offre est faible.

2.3.4.1/ Le problème de sélection des caractéristiques des parties à la transaction : la sélection adverse

Comme l'a montré Akerlof (1970)⁷⁴, une situation d'asymétrie informationnelle relative au niveau de qualité d'un produit entre vendeur et acheteur peut conduire à l'absence d'échange ou à la disparition des meilleurs produits sur le marché. Des mécanismes de diffusion de l'information peuvent améliorer la situation, on en distingue deux qui sont le signalement (*signalling*) et le dépistage ou filtrage (*screening*) :

A) les signaux donnés par la partie informée (*signalling*)⁷⁵

Spence (1973) suggère dans un article fameux que les agents qui désirent vendre des produits ou services de bonne qualité sont prêts à supporter un coût pour signaler cette qualité, à condition que le signal soit envoyé soit crédible⁷⁶. Sur le marché du travail, le diplôme peut ainsi être considéré comme un signal utile en tant que référence en matière d'éducation, notamment lorsqu'il s'agit de pourvoir des emplois dans lesquels la productivité est difficile à déterminer. Si l'on suppose une corrélation négative entre la productivité et les coûts que l'on supporte pour acquérir des diplômes, le coût marginal d'éducation est plus faible pour les travailleurs les plus qualifiés. Dans cette perspective, le rôle des autorités éducatives n'est pas de former les individus pour les rendre plus productifs (ce qui est inutile sachant qu'il peut être ensuite difficile de mesurer leur niveau réel de productivité) mais de les sélectionner afin de leur permettre de signaler leur qualité intrinsèque.⁷⁷

B) le dépistage de l'information privée par les agents non informés (*screening*)

Rothschild & Stiglitz (1976) étudient ce problème dans le cadre du marché de l'assurance. Le mécanisme de révélation de l'information (ou dépistage de l'information) est un contrat

⁷⁴ Pour une présentation du mécanisme d'antisélection dans le cadre de ce modèle, cf. Cahuc (1993, pp. 56-58). Par ailleurs, Stiglitz (2000) remarque que les agents de ce modèle sont passifs, Akerlof ne prend pas en compte le fait qu'ils puissent désirer acquérir de l'information supplémentaire. Rappelons que chez Hirshleifer & Riley cela distingue l'économie de l'incertitude de l'économie de l'information, le modèle d'Akerlof relevant de la première catégorie.

⁷⁵ Cf. Salanié (1994, chapitre 4) pour un traitement formel de ces questions.

⁷⁶ Une condition nécessaire à la crédibilité du signal est que son coût soit plus faible pour les bons agents que pour les mauvais, cf. Cahuc (1993, p. 62).

⁷⁷ Voir aussi sur ces sujets Riley (1976).

stipulant deux prix qui sont la prime d'assurance et l'indemnité versé si un dommage survient, inférieure au montant du dommage subi dans le cas où existe une franchise.

Ils considèrent un marché de l'assurance où les compagnies n'ont pas d'information sur le risque présenté par leurs clients. Les compagnies non informées offrent à leurs clients informés différentes combinaisons de primes et de franchises et, si certaines conditions sont remplies, les clients choisiront la police d'assurance préférée par les firmes. Compte tenu de l'importance de cet article dans la littérature, nous choisissons de l'illustrer par un exemple simple :

On suppose que les individus sur un marché d'assurance sont identiques, à l'exception de leur probabilité d'avoir un accident. Initialement tous les individus ont le même revenu Y . Un individu à risque élevé encourt une perte de revenu $R < Y$ avec la probabilité p_h là où un individu à risque faible supporte la même perte mais avec une probabilité plus faible p_f (avec $0 < p_h < p_f < 1$)

Dans la lignée de l'acheteur d'Akerlof (1970) et de l'employeur de Spence (1974), qui ne connaissent ni la qualité des produits des vendeurs (en quelque sorte la « qualité » des vendeurs), ni la productivité de ceux qui occuperont l'emploi qu'ils proposent, les compagnies d'assurance ne peuvent observer le risque de leurs clients. Elles considèrent que ceux pour lesquels la probabilité d'accident est forte sont de « faible qualité », tandis que les autres (probabilité d'accident faible) sont de « haute qualité ».

On suppose enfin que le marché de l'assurance est un marché de concurrence pure et parfaite et que les compagnies d'assurance sont neutres face au risque. Un contrat d'assurance (a, b) spécifie une prime a et un montant de compensation b en cas de perte de revenu d . La franchise correspond ainsi à la différence $d - b$.

A partir de ce modèle, Rothschild et Stiglitz (1976) identifient deux types d'équilibre. Dans le cas d'un équilibre « mélangeant », tous les individus achètent la même police d'assurance, tandis que dans le cas d'un équilibre « séparateur », ils achèteront différents contrats (stipulant différentes combinaisons prime-indemnité). Ils montrent alors que leur modèle n'exhibe pas d'équilibre mélangeant qui définirait des primes trop élevées pour les individus à faible risque. Le seul équilibre possible est un équilibre unique séparateur, où deux contrats d'assurance distincts sont vendus sur le marché. Un contrat (a_H, b_H) est acheté par tous les individus à haut risque, l'autre (a_F, b_F) par tous les individus à faible risque. Le premier contrat fournit une

couverture pleine pour un montant de prime relativement élevé : $a_H > a_F$ et $b_H = R$, tandis que le second combine une prime plus faible avec seulement une couverture partielle : $b_F < R$.

En conséquence, chaque client choisit entre un contrat sans franchise, et un contrat avec une prime plus faible et une franchise. À l'équilibre, la franchise dissuade à peine les individus à risque élevé qui sont tentés par une plus faible prime mais choisissent une prime plus élevée afin d'éviter la franchise.

Cet équilibre unique séparateur n'est généralement pas un optimum de premier rang parce qu'il ne permet pas aux « bons » agents d'obtenir un contrat aussi intéressant que celui qu'ils obtiendraient dans le cas de symétrie d'information. Le contrat séparateur permettant la révélation de l'information a dès lors comme coût la moins bonne situation des agents à faible risque comparativement à celle qu'ils obtiendraient sans asymétrie informationnelle⁷⁸.

2.3.4.2/ le problème de risque moral et d'incitations⁷⁹

La situation de risque moral⁸⁰ a été identifiée par Arrow (1963) et a trouvé des applications dans de nombreux domaines⁸¹. Elle concerne principalement le défaut d'observation du comportement⁸² d'une des deux parties à l'échange et a été développée dans le contexte de l'assurance selon l'idée suivante : si les individus sont assurés contre un risque, ils ont des incitations inadaptées à se conduire de manière à éviter le risque (Stiglitz, 2000).

Le problème est alors de trouver un système incitatif pour que l'agent informé prenne une décision optimale (ou se comporte de manière optimale) pour l'agent non informé. Le problème d'aléa moral fonde les modèles dits « principal-agent » à la suite de Ross (1973) inscrits dans un programme de recherche appelé « théorie normative de l'agence »⁸³ lui-même partie prenante d'un ensemble plus vaste constitué de la théorie des contrats.

⁷⁸ Pour une discussion détaillée des équilibres obtenus dans les modèles de signalement, voir Riley (1979), Hirshleifer & Riley (1979, p. 1409).

⁷⁹ Cf. Salanié (1994, chapitre 5 pour le modèle statique, chapitre 6 pour les aspects dynamiques) pour un traitement formel de ces questions.

⁸⁰ Également appelé « hasard moral » ou « aléa moral ».

⁸¹ Shapiro & Stiglitz (1984) ont par exemple développé la théorie du salaire d'efficience en macro-économie pour expliquer le déséquilibre persistant sur le marché du travail. Sur cette littérature, voir Yellen (1984). Cette littérature prolonge celle sur les contrats implicites, cf. notamment Bailly (1974) et Azariadis (1975) ou Grossman & Hart (1983).

⁸² Cahuc (1993, p. 64-70) rappelle que les modèles avec aléa moral distinguent deux types de situations : celle où la partie non informée ne peut pas observer l'action de son partenaire à l'échange (action cachée) et celle où l'agent non informé peut observer l'action mais sans savoir si elle est appropriée (à cause d'un manque d'information sur l'environnement au moment de la prise de décision), c'est la situation d'information cachée.

⁸³ Brousseau & Glachant (2000), Brousseau (1993).

Deux contributions majeures sont abordées dans le cadre du marché de l'assurance avec aléa moral. Tout d'abord, Shavell (1979) donne un exposé complet du risque moral dans le domaine de l'assurance et avance un certain nombre de propositions :

- le risque moral peut être réglé partiellement par l'assureur de deux façons, soit en accordant une couverture incomplète, soit en observant l'effort déployé par l'assuré ;
- si l'assureur ne peut pas observer l'assuré, sa police optimale consiste à offrir une couverture positive partielle si le coût de l'effort est suffisamment faible pour l'assuré (la couverture devenant de plus en plus importante au fur et à mesure que le coût tend vers 0) ;
- si l'assureur peut observer le niveau d'effort, il faut distinguer les situations où l'observation est parfaite et celle où elle est imparfaite :

- parfaite : la police optimale consiste à offrir une couverture complète et à observer l'effort *ex-post* (le montant de la couverture dépendant alors de l'effort) sauf si le coût d'observation est suffisamment faible *ex ante*

- imparfaite : les observations *ex ante* et *ex post* définissent les conditions de la police. De plus la valeur de l'information obtenue *ex ante* est supérieure à la valeur de l'information obtenue *ex post*.

Les prolongements apportés par Holmstrom (1979) montrent que le risque moral empêche la conclusion de contrats efficaces. Les modalités de récompense et de sanction dans Holmstrom (1979) et Shavell (1979) permettent de réduire cette inefficacité mais ne peuvent pas l'éliminer totalement. Il faut se tourner vers la littérature traitant des contrats à plusieurs périodes (Rubinstein & Yaari, 1983) pour trouver une solution satisfaisante de ce point de vue. Dans un modèle où l'assureur offre un bonus à l'assuré qui possède un dossier favorable, le mécanisme récompense/sanction dans un cadre de contrats à nombre infini de périodes, permet à l'assureur et l'assuré d'éliminer l'inefficacité créée par le risque moral.

Annexe 2

Exemple de résolution d'un problème d'équipe

Cet exemple est développé à partir de celui donné dans Marschak & Radner (1972) qui reprend largement Marschak (1959).

Soit un chantier de construction navale qui fabrique des bateaux avec deux structures de production (un vieux dock et un nouveau) sur deux sites (Est et Ouest), chaque prix correspondant étant la variable d'état. On suppose deux structures de production (des docks), une vieille, une neuve. Il y a deux variables de décision qui consistent à accepter ou rejeter l'offre de prix que reçoit chaque manager sur son marché.

Ainsi, la décision consiste pour chaque manager à accepter ou refuser le prix qu'on lui propose.

On considère 4 structures d'information dans lesquels chaque manager va avoir ou pas une information sur la variable d'état (le prix sur chaque marché) :

- la routine : pas d'information $\{[00],[00]\}$
- l'information complète centralisée : les deux agents observent les deux signaux $\{[11],[11]\}$
- l'information décentralisée : chaque agent observe seulement le signal lui correspondant $\{[10],[01]\}$
- l'information incomplète centralisée : les deux agents observent le même signal $\{[10],[10]\}$ et $\{[01],[01]\}$

Soient :

k le coût de construction d'un bateau sur le nouveau dock

$k + d$ le coût de construction d'un bateau sur l'ancien dock

$p_E = k + x_E$, le prix offert à l'est

$p_W = k + x_W$ le prix offert à l'ouest

$a_i = 1$ si la commande sur le $i^{\text{ème}}$ marché est accepté ($i = E, W$)

$a_i = 0$ sinon

Développement du raisonnement

On définit ici une paire de prix $x = (x_E, x_W)$ correspondant à une production au coût minimum k .

On calcule le profit $u = \omega(x, a_E, a_W)$ pour chaque x

1/ les deux managers acceptent de produire un bateau :

$$\omega(x, 1, 1) = (k + x_E) + (k + x_W) - k - (k + d) = x_E + x_W - d$$

2/ seul le premier accepte de produire :

$$\omega(x, 1, 0) = (k + x_E) - k = x_E$$

3/ seul le second accepte de produire :

$$\omega(x, 0, 1) = (k + x_W) - k = x_W$$

4/ aucun accepte de produire :

$$\omega(x,0,0) = 0$$

La matrice des gains dans chaque cas est reproduite ci-dessous

		$\mathbf{a_E}$	
		1	0
$\mathbf{a_W}$	1	$x_E + x_W - d$	x_W
	0	x_E	0

Introduisons maintenant des valeurs pour les paramètres afin de pouvoir dégager les points essentiels du problème :

$$k = 20$$

$$d = 15$$

$$m = \text{moyenne de } x_E \text{ et moyenne } x_W = 10$$

$$s_E = \text{écart type de } x_E = 9$$

$$s_W = \text{écart type de } x_W = 1$$

$$r = \text{coefficient de corrélation entre } x_E \text{ et } x_W = 0.6$$

Les états sont distribués comme ceci (cf exemple pp.96-97) :

		$\mathbf{x_E}$	
		$m+s_E$	$m-s_E$
$\mathbf{x_W}$	$m+s_W$	p	$\frac{1}{2}-p$
	$m-s_W$	$\frac{1}{2}-p$	p

Soit à partir de la définition de $r = r_{EW} = \frac{E(x_E - m)(x_W - m)}{s_E s_W}$

$$x_E - m = m + s_E - m = s_E \text{ et } x_W - m = m + s_W - m = s_W \Rightarrow (x_E - m)(x_W - m) = s_E s_W \text{ avec la probabilité } p$$

$$x_E - m = m + s_E - m = s_E \text{ et } x_W - m = m - s_W - m = -s_W \Rightarrow (x_E - m)(x_W - m) = s_E(-s_W) \text{ avec la probabilité } \frac{1}{2}-p$$

$$x_E - m = m - s_E - m = -s_E \text{ et } x_W - m = m + s_W - m = s_W \Rightarrow (x_E - m)(x_W - m) = (-s_E)s_W \text{ avec la probabilité } \frac{1}{2} - p$$

$$x_E - m = m - s_E - m = -s_E \text{ et } x_W - m = m - s_W - m = -s_W \Rightarrow (x_E - m)(x_W - m) = (-s_E)(-s_W) \text{ avec la probabilité } p$$

$$E(x_E - m)(x_W - m) = ps_E s_W + \left(\frac{1}{2} - p\right)s_E(-s_W) + \left(\frac{1}{2} - p\right)(-s_E)s_W + p(-s_E)(-s_W)$$

$$= 2ps_E s_W + 2\left(\frac{1}{2} - p\right)(-s_E s_W) = 2ps_E s_W + (1 - 2p)(-s_E s_W) = 2ps_E s_W + (2p - 1)s_E s_W$$

$$\Leftrightarrow E(x_E - m)(x_W - m) = (4p - 1)s_E s_W$$

$$\text{Finalement } r_{EW} = r = \frac{E(x_E - m)(x_W - m)}{s_E s_W} = (4p - 1)$$

		$\mathbf{x_E}$	
		$m+s_E$	$m-s_E$
$\mathbf{x_W}$	$m+s_W$	$(1+r)/4$	$(1-r)/4$
	$m-s_W$	$(1-r)/4p$	$(1+r)/4$

A partir des définitions,

$$(1+r)/4 = 0.4 \text{ et } (1-r)/4 = 0.1$$

$$m+s_E = 10+9 = 19$$

$$m-s_E = 10-9 = 1$$

$$m+s_W = 10+1 = 11$$

$$m-s_W = 10-1 = 9$$

et le tableau précédent devient :

		$\mathbf{x_E}$	
		19	1
$\mathbf{x_W}$	11	0.4	0.1
	9	0.1	0.4

Différentes valeurs des x_i correspondent à des valeurs de p_i

$$p_E = k+(m +s_E) = 20+19 = 39 \text{ ou } p_E = k+(m - s_E) = 20+1 = 21$$

$$p_W = k+(m +s_W) = 20+11 = 31 \text{ ou } p_W = k+(m - s_W) = 20+9 = 29$$

		$\mathbf{p_E}$	
		39	21
$\mathbf{p_W}$	31	0.4	0.1
	29	0.1	0.4

Ce sont les probabilités jointes d'apparition des prix p_E et p_W

En fonction des états de la nature x_E et x_W et des décisions a_E et a_W , on peut calculer les profits possibles :

Cas 1 : $x_E = 19$ et $x_W = 11$, $IP(x_E = 19 \text{ et } x_W = 11) = 0.4$

- a) $a_1 = 1$ et $a_2 = 1$, $\omega(x, 1, 1) = x_E + x_W - d = 19 + 11 - 15 = 15$
- b) $a_1 = 1$ et $a_2 = 0$, $\omega(x, 1, 0) = x_E = 19$
- c) $a_1 = 0$ et $a_2 = 1$, $\omega(x, 0, 1) = x_W = 11$
- d) $a_1 = 0$ et $a_2 = 0$, $\omega(x, 0, 0) = 0$

Cas 2 : $x_E = 19$ et $x_W = 9$, $IP(x_E = 19 \text{ et } x_W = 9) = 0.1$

- e) $a_1 = 1$ et $a_2 = 1$, $\omega(x, 1, 1) = x_E + x_W - d = 19 + 9 - 15 = 13$
- f) $a_1 = 1$ et $a_2 = 0$, $\omega(x, 1, 0) = x_E = 19$
- g) $a_1 = 0$ et $a_2 = 1$, $\omega(x, 0, 1) = x_W = 9$
- h) $a_1 = 0$ et $a_2 = 0$, $\omega(x, 0, 0) = 0$

Cas 3 : $x_E = 1$ et $x_W = 11$, $IP(x_E = 1 \text{ et } x_W = 11) = 0.1$

- i) $a_1 = 1$ et $a_2 = 1$, $\omega(x, 1, 1) = x_E + x_W - d = 1 + 11 - 15 = -3$
- j) $a_1 = 1$ et $a_2 = 0$, $\omega(x, 1, 0) = x_E = 1$
- k) $a_1 = 0$ et $a_2 = 1$, $\omega(x, 0, 1) = x_W = 11$
- l) $a_1 = 0$ et $a_2 = 0$, $\omega(x, 0, 0) = 0$

Cas 4 : $x_E = 1$ et $x_W = 9$, $IP(x_E = 1 \text{ et } x_W = 9) = 0.4$

- m) $a_1 = 1$ et $a_2 = 1$, $\omega(x, 1, 1) = x_E + x_W - d = 1 + 9 - 15 = -5$
- n) $a_1 = 1$ et $a_2 = 0$, $\omega(x, 1, 0) = x_E = 1$
- o) $a_1 = 0$ et $a_2 = 1$, $\omega(x, 0, 1) = x_W = 9$
- p) $a_1 = 0$ et $a_2 = 0$, $\omega(x, 0, 0) = 0$

Introduisons maintenant les structures d'information.

$$\mathbf{A} \mid \text{La routine} : \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

On calcule le profit espéré pour chacune des actions de l'équipe possibles, sachant que $IP(x_E = 19) = IP(x_E = 1) = IP(x_W = 11) = IP(x_W = 9) = \frac{1}{2}$

$$U(a_E = 0 \text{ et } a_W = 0) = 0$$

$$U(a_E = 1 \text{ et } a_W = 0) = 19 * IP(x_E = 19) + 1 * IP(x_E = 1) = 10$$

$$U(a_E = 0 \text{ et } a_W = 1) = 11 * IP(x_W = 11) + 9 * IP(x_W = 9) = 10$$

$$U(a_E = 1 \text{ et } a_W = 1) =$$

$$\begin{aligned} & \omega(x_E = 19 \text{ et } x_W = 11, a_E = 1 \text{ et } a_W = 1) * IP(x_E = 19 \text{ et } x_W = 11) \\ & + \omega(x_E = 19 \text{ et } x_W = 9, a_E = 1 \text{ et } a_W = 1) * IP(x_E = 19 \text{ et } x_W = 9) \\ & + \omega(x_E = 1 \text{ et } x_W = 11, a_E = 1 \text{ et } a_W = 1) * IP(x_E = 1 \text{ et } x_W = 11) \\ & + \omega(x_E = 1 \text{ et } x_W = 9, a_E = 1 \text{ et } a_W = 1) * IP(x_E = 1 \text{ et } x_W = 9) \\ & = 15 * (0.4) + 13 * (0.1) + (-3) * (0.1) + (-5) * (0.4) = 5 \end{aligned}$$

Ainsi, lorsqu'il n'y a pas d'information sur l'environnement, le meilleur profit espéré est 10. Il n'est atteint que si une seule des deux commandes est acceptée et produite exclusivement dans le nouveau dock (à un coût $k < k+d$)

$$\mathbf{B} \mid \mathbf{L}'\text{information complète et centralisée} : \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

L'équipe choisit pour chaque paire de prix (x_E, x_W) la meilleure paire d'actions (a_E, a_W) , c'est à dire celle qui fournit le profit maximum. On obtient le profit attendu en calculant la moyenne de ces quatre situations compte tenu des probabilités d'apparition de ces mêmes situations.

Si $(x_E, x_W) = (19, 11)$, $(a_E, a_W) = (1, 0)$, le profit maximum est égal à 19

Si $(x_E, x_W) = (19, 9)$, $(a_E, a_W) = (1, 0)$, le profit maximum est égal à 19

Si $(x_E, x_W) = (1, 11)$, $(a_E, a_W) = (0, 1)$, le profit maximum est égal à 11

Si $(x_E, x_W) = (1, 9)$, $(a_E, a_W) = (0, 1)$, le profit maximum est égal à 9

Le profit espéré est donc égal à :

$$19 \cdot \text{IP}[(x_E, x_W) = (19, 11)] + 19 \cdot \text{IP}[(x_E, x_W) = (19, 9)] + 11 \cdot \text{IP}[(x_E, x_W) = (1, 11)] + 9 \cdot \text{IP}[(x_E, x_W) = (1, 9)] = 14,2$$

La valeur de cette structure d'information est donc $14,2 - 10 = 4,2$

$$\mathbf{B} \mid \mathbf{L}'\text{information incomplète et centralisée} : \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \text{ et } \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Dans le premier cas, les deux membres connaissent seulement x_E , dans le second cas ils connaissent seulement x_W

Premier cas :

la meilleure action de l'équipe est déduit de résultat trouvé pour la structure d'information complète et centralisée, pour laquelle l'information complémentaire fournie par la connaissance de x_W était sans effet sur le choix de la meilleure action : que $x_W = 11$ ou 9, le meilleur choix restait (1,0). Cela était naturellement dû à la petite variance de x_W :

$$(s_W)^2 = 1$$

Ainsi, avec les valeurs numériques de l'exemple, l'information centralisée complète est aussi profitable que la structure à information centralisée incomplète parce qu'elle aboutit au même profit espéré. On peut supposer que son coût est plus faible.

Deuxième cas : on voit ici que la connaissance de x_E n'est pas neutre sur le choix de la meilleure action.

On doit donc calculer le profit conditionnel espéré sachant x_W élevé ($x_W = 11$) et x_W bas ($x_W = 9$).

Les probabilités conditionnelles $\text{IP}(x_E/x_W)$ et les probabilités marginales $\text{IP}(x_W)$ sont naturellement déduites de la table déjà présentée :

		x_E	
		19	1
x_W	11	0.4	0.1
	9	0.1	0.4

Ainsi

$$IP(x_E = 19/x_W = 11) = IP(x_E = 19 \text{ et } x_W = 11)/IP(x_W = 11) = 0.4/0.5 = 4/5 = 0.8$$

$$IP(x_E = 19/x_W = 9) = IP(x_E = 19 \text{ et } x_W = 9)/IP(x_W = 9) = 0.1/0.5 = 1/5 = 0.2$$

$$IP(x_E = 1/x_W = 11) = IP(x_E = 1 \text{ et } x_W = 11)/IP(x_W = 11) = 0.1/0.5 = 1/5 = 0.2$$

$$IP(x_E = 1/x_W = 9) = IP(x_E = 1 \text{ et } x_W = 9)/IP(x_W = 9) = 0.4/0.5 = 4/5 = 0.8$$

Premier cas : $x_W = 11$

a) : $x_E = 19$ avec une probabilité $IP(x_E = 19/x_W = 11) = 0.8$

$(a_E, a_W) = (0,0)$, le profit est égal à 0

$(a_E, a_W) = (1,0)$, le profit est égal à 19

$(a_E, a_W) = (0,1)$, le profit est égal à 11

$(a_E, a_W) = (1,1)$, le profit est égal à 15

b) $x_E = 1$ avec une probabilité $IP(x_E = 1/x_W = 11) = 0.2$

$(a_E, a_W) = (0,0)$, le profit est égal à 0

$(a_E, a_W) = (1,0)$, le profit est égal à 1

$(a_E, a_W) = (0,1)$, le profit est égal à 11

$(a_E, a_W) = (1,1)$, le profit est égal à -3

Ainsi le profit espéré conditionnel est égal à :

Pour $(a_E, a_W) = (0,0)$, le profit est égal à 0

$(a_E, a_W) = (1,0)$, le profit est égal à $19 \cdot IP(x_E = 19/x_W = 11) + 1 \cdot IP(x_E = 1/x_W = 11) = 15.4$

$(a_E, a_W) = (0,1)$, le profit est égal à $11 \cdot IP(x_E = 19/x_W = 11) + 11 \cdot IP(x_E = 1/x_W = 11) = 11$

$(a_E, a_W) = (1,1)$, le profit est égal à $15 \cdot IP(x_E = 19/x_W = 11) + (-3) \cdot IP(x_E = 1/x_W = 11) = 11.4$

Deuxième cas : $x_W = 9$

a) : $x_E = 19$ avec une probabilité $IP(x_E = 19/x_W = 9) = 0.2$

$(a_E, a_W) = (0,0)$, le profit est égal à 0

$(a_E, a_W) = (1,0)$, le profit est égal à 19

$(a_E, a_W) = (0,1)$, le profit est égal à 9

$(a_E, a_W) = (1,1)$, le profit est égal à 13

b) $x_E = 1$ avec une probabilité $IP(x_E = 1/x_W = 9) = 0.8$

$(a_E, a_W) = (0,0)$, le profit est égal à 0

$(a_E, a_W) = (1,0)$, le profit est égal à 1

$(a_E, a_W) = (0, 1)$, le profit est égal à 9
 $(a_E, a_W) = (1, 1)$, le profit est égal à -5

Ainsi le profit espéré conditionnel est égal à :

Pour $(a_E, a_W) = (0, 0)$, le profit est égal à 0
 $(a_E, a_W) = (1, 0)$, le profit est égal à $19 * IP(x_E = 19/x_W = 9) + 1 * IP(x_E = 1/x_W = 9) = 4.6$
 $(a_E, a_W) = (0, 1)$, le profit est égal à $9 * IP(x_E = 19/x_W = 9) + 9 * IP(x_E = 1/x_W = 9) = 9$
 $(a_E, a_W) = (1, 1)$, le profit est égal à $13 * IP(x_E = 19/x_W = 9) + (-5) * IP(x_E = 1/x_W = 9)$
 $= -11.4$

Finalement, compte tenu des deux meilleures paires d'actions possibles, le profit maximum espéré pour cette structure d'information est égale à :

$$15.4 * IP(x_W = 11) + 9 * IP(x_W = 9) = 12,2$$

La valeur de la structure d'information est donc ici égale à 2.2

Remarque : la meilleure règle d'action est ici : accepter la commande de l'ouest seulement si le prix de l'ouest est bas, accepter la commande de l'est autrement. Les données ont été choisies délibérément pour produire ce paradoxe.

A l'ouest, le prix élevé excède le prix bas de seulement 2 unités monétaires, à l'est la variance est supposée plus forte. A partir du moment où les moyennes sont les mêmes et où la corrélation est positive et suffisamment élevée, il vaut mieux en moyenne accepter les commandes de l'Est même si le prix à l'ouest est élevé, et accepter la commande à l'ouest même si le prix à l'ouest est bas.

$$\mathbf{D] L'information décentralisée : \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}}$$

Chaque membre connaît « son » prix

Chacun peut appliquer une des quatre règles d'action :

- toujours accepter la commande, quelque soient les prix notée (A)
- accepter la commande si son prix est élevé, notée (H)
- accepter la commande quand son prix est bas, notée (L)
- ne jamais accepter la commande, notée (N)

Il y a donc en tout 16 possibilités de règles d'action de l'équipe. On ne calcule le profit espéré que pour les stratégies dominantes, un certain nombre de stratégies étant considérées comme inadmissibles.

$$\alpha_E = A$$

$$1/ (\alpha_E, \alpha_W) = (A, A)$$

Il faut donc calculer $\omega(x, 1, 1)$ pour chaque paire (x_E, x_W)

$$\omega[(x_E, x_W) = (19, 11), 1, 1] = 15$$

$$\omega[(x_E, x_W) = (19, 9), 1, 1] = 13$$

$$\omega[(x_E, x_W) = (1, 11), 1, 1] = -3$$

$$\omega[(x_E, x_W) = (1, 9), 1, 1] = -5$$

$$2/ (\alpha_E, \alpha_W) = (A, H)$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W) = (19, 11), 1, 1] &= 15 \\ \omega[(x_E, x_W) = (19, 9), 1, 0] &= 19 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 11), 1, 1] &= -3 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 9), 1, 0] &= 1\end{aligned}$$

$$3/ (\alpha_E, \alpha_W) = (A, L)$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W) = (19, 11), 1, 0] &= 19 \\ \omega[(x_E, x_W) = (19, 9), 1, 1] &= 13 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 11), 1, 0] &= 1 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 9), 1, 1] &= -5\end{aligned}$$

$$4/ (\alpha_E, \alpha_W) = (A, N)$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W) = (19, 11), 1, 0] &= 19 \\ \omega[(x_E, x_W) = (19, 9), 1, 0] &= 19 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 11), 1, 0] &= 1 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 9), 1, 0] &= 1\end{aligned}$$

Le profit attendu est ici égal à :

$$IP(x_E=19 \text{ et } x_W=11)*19 + IP(x_E=19 \text{ et } x_W=9)*19 + IP(x_E=1 \text{ et } x_W=11)*1 + IP(x_E=1 \text{ et } x_W=9)*1 = (0.4*19) + (0.1*19) + (0.1*1) + (0.4*1) = 7.6 + 1.9 + 0.1 + 0.4 = 10$$

$$\alpha_E = H$$

$$5/ (\alpha_E, \alpha_W) = (H, A)$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W) = (19, 11), 1, 1] &= 15 \\ \omega[(x_E, x_W) = (19, 9), 1, 1] &= 13 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 11), 0, 1] &= 11 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 9), 0, 1] &= 9\end{aligned}$$

Le profit attendu est ici égal à :

$$IP(x_E=19 \text{ et } x_W=11)*15 + IP(x_E=19 \text{ et } x_W=9)*13 + IP(x_E=1 \text{ et } x_W=11)*11 + IP(x_E=1 \text{ et } x_W=9)*9 = (0.4*15) + (0.1*13) + (0.1*11) + (0.4*9) = 6 + 1.3 + 1.1 + 3.6 = 12$$

$$6/ (\alpha_E, \alpha_W) = (H, H)$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W) = (19, 11), 1, 1] &= 15 \\ \omega[(x_E, x_W) = (19, 9), 1, 0] &= 19 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 11), 0, 1] &= 11 \\ \omega[(x_E, x_W) = (1, 9), 0, 0] &= 0\end{aligned}$$

Le profit attendu est ici égal à 9

$$7/ (\alpha_E, \alpha_W) = (H, L)$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 1, 0] = 19$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 1, 1] = 13$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 0, 0] = 0$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 0, 1] = 9$$

Le profit attendu est ici égal à :

$$IP(x_E=19 \text{ et } x_W=11)*19 + IP(x_E=19 \text{ et } x_W=9)*13 + IP(x_E=1 \text{ et } x_W=11)*0 + IP(x_E=1 \text{ et } x_W=9)*9 = (0.4*19) + (0.1*13) + 0 + (0.4*9) = 7.6 + 1.3 + 3.6 = 12.5$$

$$8/ (\alpha_E, \alpha_W) = (H, N)$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 1, 0] = 19$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 1, 0] = 19$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 0, 0] = 0$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 0, 0] = 0$$

$$\alpha_E = L$$

$$9/ (\alpha_E, \alpha_W) = (L, A)$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 0, 1] = 11$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 0, 1] = 9$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 1, 1] = -3$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 1, 1] = -5$$

$$10/ (\alpha_E, \alpha_W) = (L, H)$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 0, 1] = 11$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 0, 0] = 0$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 1, 1] = -3$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 1, 0] = 1$$

$$11/ (\alpha_E, \alpha_W) = (L, L)$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 0, 0] = 0$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 0, 1] = 9$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 1, 0] = 1$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 1, 1] = -5$$

$$12/ (\alpha_E, \alpha_W) = (L, N)$$

$$\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 0, 0] = 0$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 0, 0] &= 0 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 1, 0] &= 1 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 1, 0] &= 1\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\alpha_E &= N \\ 13/ (\alpha_E, \alpha_W) &= (N, A)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 0, 1] &= 11 \\ \omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 0, 1] &= 9 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 0, 1] &= 11 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 0, 1] &= 9\end{aligned}$$

Le profit attendu est ici égal à :

$$IP(x_E=19 \text{ et } x_W=11)*11 + IP(x_E=19 \text{ et } x_W=9)*9 + IP(x_E=1 \text{ et } x_W=11)*11 + IP(x_E=1 \text{ et } x_W=9)*9 = (0.4*9) + (0.1*11) + (0.1*11) + (0.4*9) = 3.6 + 1.1 + 1.1 + 3.6 = 9.4$$

$$14/ (\alpha_E, \alpha_W) = (N, H)$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 0, 1] &= 11 \\ \omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 0, 0] &= 0 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 0, 1] &= 11 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 0, 0] &= 0\end{aligned}$$

$$15/ (\alpha_E, \alpha_W) = (N, L)$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 0, 0] &= 0 \\ \omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 0, 1] &= 9 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 0, 0] &= 0 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 0, 1] &= 9\end{aligned}$$

$$16/ (\alpha_E, \alpha_W) = (N, N)$$

$$\begin{aligned}\omega[(x_E, x_W)=(19, 11), 0, 0] &= 0 \\ \omega[(x_E, x_W)=(19, 9), 0, 0] &= 0 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 11), 0, 0] &= 0 \\ \omega[(x_E, x_W)=(1, 9), 0, 0] &= 0\end{aligned}$$

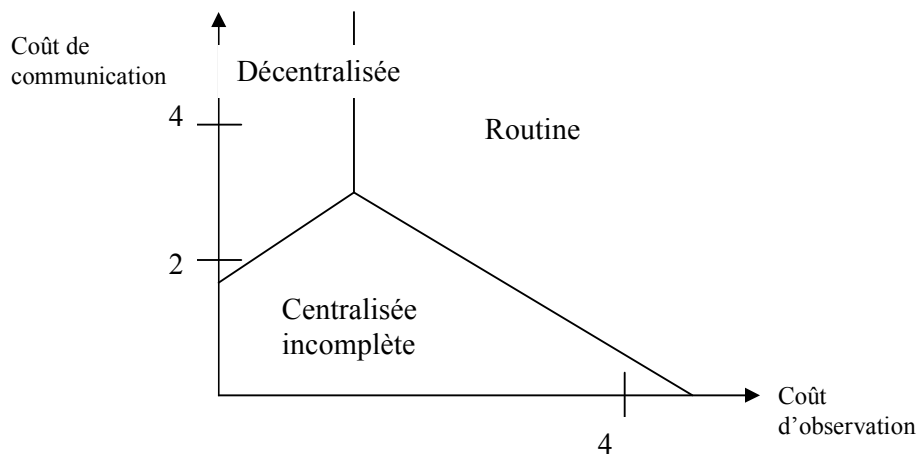
La meilleure règle d'action est donc $(\alpha_E, \alpha_W) = (H, L)$: le membre de l'ouest accepte la commande seulement si le prix offert est bas, le membre de l'est l'accepte seulement si on lui offre un prix élevé. C'est la meilleure règle d'action de l'équipe lorsque l'information est décentralisée.

Finalement, on peut synthétiser toutes les caractéristiques des cinq structures d'information dans le tableau suivant :

Structure d'information	Gain total espéré	Valeur de l'information	Coût organisationnel	Gain espéré net
Routine	10	0	0	10
Décentralisée	12,5	2,5	2c	12,5-2c
Centralisée incomplète				
Les deux agents connaissent x_W	12,2	2,2	$c+c_1$	$12,2-(c+c_1)$
Les deux agents connaissent x_E	14,2	4,2	$c+c_1$	$14,2-(c+c_1)$
Centralisée complète	14,2	4,2	$2(c+c_1)$	$14,2-2(c+c_1)$

On peut ensuite calculer les structures d'information optimales pour différentes combinaisons de coût.

p.138, Marschak & Radner en donnent une représentation graphique reproduite ci-dessous



Annexe 3

Résolution du problème de minimisation de la section 2.1.3.1 du chapitre 1

On cherche à minimiser $T = (N^{1/y})y$

Soit $u(y) = N^{1/y}$ et $v(y) = y$

La dérivée de T par rapport à y est de la forme $u'(y)v(y) + u(y)v'(y)$ ou encore

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \left(\frac{\partial N^{1/y}}{\partial y} \right) y + N^{1/y} \frac{\partial y}{\partial y}$$

Posons $N^{1/y} = e^{\frac{1}{y} \ln(N)}$

$u(y)$ est de la forme $e^{f(y)}$ donc $u'(y)$ est de la forme $f'(y)e^{f(y)}$: $\frac{\partial N^{1/y}}{\partial y} = -\frac{1}{y^2} \ln(N) e^{\frac{1}{y} \ln(N)}$

Finalement il vient :

$$\frac{\partial T}{\partial y} = \left[\left(-\frac{1}{y^2} \right) \ln(N) e^{\frac{1}{y} \ln(N)} \right] y + N^{1/y} = 0$$

$$\Leftrightarrow -\frac{1}{y} \ln(N) N^{1/y} + N^{1/y} = 0 \Leftrightarrow N^{1/y} = \frac{1}{y} \ln(N) N^{1/y} \Rightarrow \frac{1}{y} \ln(N) = 1 \Leftrightarrow y^* = \ln(N)$$

On en déduit $x^* = N^{1/y} = N^{1/\ln(N)} = e^{\frac{1}{\ln(N)} \ln(N)} = e$

Annexe 4

Résolution du modèle de lobbying (Gibbons, 1999, 2003)

Dans le modèle de Gibbons (1999, 2003) présenté dans la section 3.1.2/ du chapitre 1, le programme du siège s'écrit :

$$\text{Max}_{d,b} E(U_h) = -E(x - \theta)^2 - L^* \Leftrightarrow \text{Max}_{d,b} E(U_h) = -E(d + bs - \theta)^2 - L^*$$

En remplaçant L^* par b , solution optimale de la division, il vient :

$$E(U_h) = -E(d + b(\theta + b + \varepsilon) - \theta)^2 - b$$

Soit $y = d + b(\theta + b + \varepsilon) - \theta = d + b\theta + b^2 + b\varepsilon - \theta$ avec $\theta \sim \mathcal{N}(m, v)$, $\varepsilon \sim \mathcal{N}(0, v_\varepsilon)$

$E(y^2) = \text{var}(y) + E(y)^2$ par définition de la variance

On calcule d'abord $\text{Var}(y)$ en réécrivant y :

$$y = d + b(\theta + b + \varepsilon) - \theta = d + b^2 + b\varepsilon - \theta(1 - b)$$

$\text{Var}(y) = b^2 v_\varepsilon - (1 - b)^2 v$ alors que Gibbons (1999, p. 151) donne $\text{Var}(y) = b^2 v_\varepsilon + (1 - b)^2 v$

On reprend pas à pas le calcul :

$$\text{Var}(y) = \text{Var}[d + b^2 + b\varepsilon - \theta(1 - b)] = \text{Var}(d) + \text{Var}(b^2) + \text{Var}(b\varepsilon) - \text{Var}(\theta(1 - b))$$

$$\Leftrightarrow \text{Var}(y) = 0 + 0 + b^2 v_\varepsilon - (1 - b)^2 v, \text{ le signe du dernier terme est donc bien négatif}$$

On calcule ensuite $E(y)$: $E(y) = d + bm + b^2 - m = d + b^2 - (1 - b)m$ (ok dans Gibbons (1999))

A partir des expressions de $\text{Var}(y)$ et $E(y)$ il vient :

$$E(y^2) = b^2 v_\varepsilon - (1 - b)^2 v + [d + b^2 - (1 - b)m]^2$$

Finalement on peut réécrire

$$E(U_h) = -b^2 v_\varepsilon + (1 - b)^2 v - [d + b^2 - (1 - b)m]^2 - b$$

On établit ensuite les deux conditions du premier ordre à partir de la règle de dérivation en chaîne: soient deux fonctions $f(x)$ et $g(f(x))$, $[g(f(x))]' = g'(f(x))f'(x)$

Avec $f(x) = d$ et $g(f(x)) = [d + b^2 - (1 - b)m]^2$

$$\frac{\partial E(U_h)}{\partial d} = -2[d + b^2 - (1-b)m] = 0 \Leftrightarrow d + b^2 - (1-b)m = 0$$

$$\frac{\partial E(U_h)}{\partial b} = -2bv_\varepsilon + 2v(1-b) - 4b[d + b^2 - (1-b)m] - 1 = 0$$

Si on introduit la condition d'optimalité sur d dans celle de b :

$$\frac{\partial E(U_h)}{\partial b} = -2bv_\varepsilon + 2v(1-b) - 1 = 0 \Leftrightarrow -2b(v_\varepsilon + v) = 1 - 2v \Leftrightarrow b^* = \frac{v - \frac{1}{2}}{v_\varepsilon + v}$$

Conclusion : On retrouve bien le résultat de Gibbons et on peut penser que l'erreur dans le résultat de la variance donnée p. 151 est une faute de frappe !

Le calcul en partant de la formule de la variance donnée par Gibbons donnerait en effet :

$$\text{Var}(y) = b^2 v_\varepsilon + (1-b)^2 v \text{ et } E(U_h) = -b^2 v_\varepsilon - (1-b)^2 v - [d + b^2 - (1-b)m]^2 - b$$

La condition du premier ordre sur d ne change pas, celle sur b devient :

$$\frac{\partial E(U_h)}{\partial b} = -2bv_\varepsilon - 2v(1-b) - 1 = 0 \Leftrightarrow 2b(v - v_\varepsilon) = 1 + 2v \Leftrightarrow b^* = \frac{\frac{1}{2} + v}{v - v_\varepsilon}$$

Il ne peut pas arriver au résultat avec la formule de la variance donnée dans la note 10 p.151

Si on fait maintenant l'hypothèse que le programme du siège s'écrit :

$$\text{Max}_{d,b} E(U_h) = -E(x - \theta)^2 \Leftrightarrow \text{Max}_{d,b} E(U_h) = -E(d + bs - \theta)^2$$

ce qui revient à supposer qu'il ne choisit plus le montant du capital selon la règle (donc qu'il ne tient pas compte du niveau optimal de lobbying de la division), la condition du second ordre sur b devient :

$$\frac{\partial E(U_h)}{\partial b} = -2bv_\varepsilon + 2v(1-b) = 0 \Leftrightarrow -2b(v_\varepsilon + v) = -2v \Leftrightarrow B^* = \frac{v}{v_\varepsilon + v}$$

Le résultat intéressant ici est que $b^* > B^*$.

Annexe 5

Résolution du modèle de Rotemberg (1993)

S'il décide de satisfaire l'employé i , le patron va déterminer les salaires respectifs optimaux des deux agents en résolvant les programmes :

- pour l'individu i : $\text{Max}_{w_i} (V_i - w_i)IP(r_i < w_i + b_i)$

- pour l'individu j : $\text{Max}_{w_j} (V_j - w_j)IP(r_j < w_j)$

qui aboutissent aux solutions optimales : $w_i^* = \frac{(V_i - b_i)}{2}$ et $w_j^* = \frac{V_j}{2}$

Démonstration

$$IP(r_i < w_i + b_i) = \frac{w_i + b_i}{R_i}$$

Exemple : Dans le cas discret où les valeurs sont des entiers naturels, si $R_i = 10$, la variable peut prendre les valeurs $\{1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10\}$ soit 10 valeurs différentes avec une probabilité égale pour chacune d'elles à $1/10$. Dans ce cas, $IP(r_i < 2) = IP(r_i = 0) + IP(r_i = 1) = 2/10$ et $IP(r_i < w_i + b_i) = (w_i + b_i)/10$ avec $(w_i + b_i) \in \{1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10\}$.

Dans ce cas, le programme de maximisation pour l'individu i se réécrit :

$$\text{Max}_{w_i} (V_i - w_i) \frac{(w_i + b_i)}{R_i} = \frac{V_i w_i}{R_i} + \frac{V_i b_i}{R_i} - \frac{w_i^2}{R_i} - \frac{w_i b_i}{R_i}$$

La condition du premier ordre s'écrit alors

$$\frac{\partial [(V_i - w_i)(w_i + b_i)] / (R_i + 1)}{\partial w_i} = \frac{V_i - 2w_i - b_i}{R_i} = 0 \Leftrightarrow V_i - 2w_i - b_i = 0$$

On en déduit la solution $w_i^* = \frac{V_i - b_i}{2}$

Dans ce cas, le programme de maximisation pour l'individu j se réécrit :

$$\text{Max}_{w_j} (V_j - w_j) \frac{w_j}{R_j} = \frac{V_j w_j}{R_j} - \frac{w_j^2}{R_j}$$

La condition du premier ordre s'écrit alors

$$\frac{V_j - 2w_j}{R_j} = 0 \Leftrightarrow V_j - 2w_j = 0$$

On en déduit la solution $w_j^* = \frac{V_j}{2}$

Le calcul du profit espéré pour le patron aboutit finalement à :

$$E(\Pi_1) = \frac{(V_i + b_i)^2}{4R_i} + \frac{V_j^2}{4R_j}$$

Démonstration

Pour chaque agent i , le principal peut être confronté à deux situations : si l'agent reste, le profit qu'il génère pour le principal est égal à $(V_i - w_i^*)$, s'il part il génère un profit nul (qui multiplié par sa probabilité d'occurrence donnera un résultat nul en termes d'espérance) .

L'agent i (celui qui est favorisé par le principal) génère $V_i - w_i^* = \frac{1}{2}(V_i + b_i)$ avec une probabilité $\frac{w_i + b_i}{R_i} = \frac{1}{2(R_i + 1)}(V_i + b_i)$ à l'optimum pour le principal. L'espérance de gain générée par l'agent i est donc égal à :

$$\frac{1}{2}(V_i + b_i) \frac{1}{2R_i}(V_i + b_i) = \frac{1}{4R_i}(V_i + b_i)^2 = \frac{(V_i + b_i)^2}{4R_i}$$

L'agent j génère $V_j - w_j^* = \frac{V_j}{2}$ avec une probabilité $\frac{w_j}{R_j} = \frac{V_j}{2R_j}$ à l'optimum pour le principal.

L'espérance de gain générée par l'agent j est donc égale à : $\frac{V_j}{2} \frac{V_j}{2R_j} = \frac{V_j^2}{4R_j}$

Du fait de la linéarité de l'opérateur « espérance », l'espérance de gain est la somme des

espérances de gain générées par chaque individu : $E(\Pi_1) = \frac{(V_i + b_i)^2}{4R_i} + \frac{V_j^2}{4R_j}$

De manière symétrique, s'il choisit la décision qui satisfait l'employé j , le calcul du profit espéré donne :

$$E(\Pi_2) = \frac{V_i^2}{4R_i} + \frac{(V_j + b_j)^2}{4R_j}$$

Dès lors, il va choisir de satisfaire i sous la condition :

$$\begin{aligned}
E(\Pi_1) > E(\Pi_2) &\Leftrightarrow \frac{(V_i + b_i)^2}{4R_i} + \frac{V_j^2}{4R_j} > \frac{V_i^2}{4R_i} + \frac{(V_j + b_j)^2}{4R_j} \\
\frac{V_i^2 + 2b_i V_i + b_i^2 - V_i^2}{4R_i} &> \frac{V_j^2 + 2b_j V_j + b_j^2 - V_j^2}{4R_j} \Leftrightarrow \frac{1}{4} \left[2b_i \frac{V_i}{R_i} + \frac{b_i^2}{R_i} \right] > \frac{1}{4} \left[2b_j \frac{V_j}{R_j} + \frac{b_j^2}{R_j} \right] \\
&\Leftrightarrow \left[2b_i \frac{V_i}{R_i} + \frac{b_i^2}{R_i} \right] > \left[2b_j \frac{V_j}{R_j} + \frac{b_j^2}{R_j} \right]
\end{aligned}$$

Annexe 6

Le théorème de Bott & Mayberry (1954)

On trouve également cette présentation dans Lantner (1974, pp. 90-93) et dans Lequeux (2002, pp. 351-354)

Bott et Mayberry (1954) ont démontré que le déterminant d'une matrice était fonction des arborescences du graphe représentatif de cette matrice.

Soit $[A]$ une matrice carrée d'ordre n composée d'éléments a_{ij} et qui vérifie les propriétés usuelles des matrices input-output :

$$-a_{ij} \leq 0 \quad (\forall i \neq j)$$

$$-a_{ii} \geq -\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n a_{ij} \quad (\forall i)$$

Exemple :

$$[A] = \begin{bmatrix} 0 & -a_{12} & \cdots & -a_{1n} \\ -a_{21} & 0 & \cdots & -a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -a_{n1} & -a_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

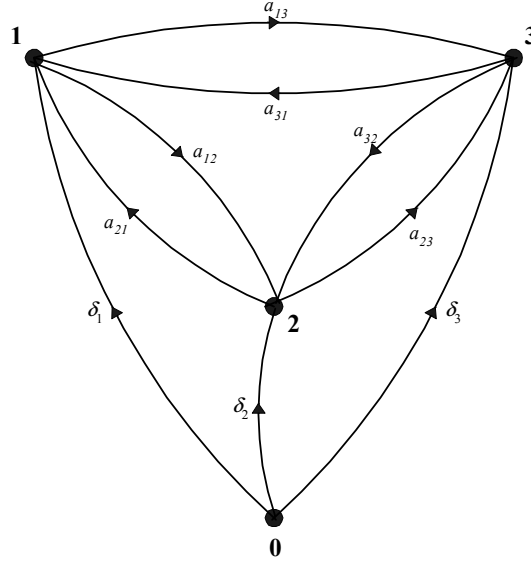
A partir de cette matrice, il est possible de définir une matrice $[B]$ d'ordre $n+1$ du type :

$$[B] = \begin{bmatrix} 0 & \delta_1 & \delta_2 & \cdots & \delta_n \\ 0 & 0 & -a_{12} & \cdots & -a_{1n} \\ 0 & -a_{21} & 0 & \cdots & -a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & -a_{n1} & -a_{n2} & \cdots & 0 \end{bmatrix}$$

avec $\delta_i = a_{ii} + \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n a_{ij} \quad \forall i$

Si l'on considère les éléments de la matrice $[B]$ comme les valuations b_{ij} des arcs orientés de i vers j d'un graphe γ , dont les sommets sont numérotés de 0 à n , alors on obtient dans le cas d'un graphe tripolaire la représentation suivante:

Diffusion arborescente des influences extérieures



Le théorème de Bott & Mayberry(1954) énonce que si E est l'ensemble des arborescence A_h du graphe γ , alors le déterminant de la matrice $[A]$ est donné par la somme de la valeur $V(A_h)$ des arborescences du graphe γ , la valeur $V(A_h)$ étant donnée par le produit des coefficients valuant les arcs de l'arborescence A_h .

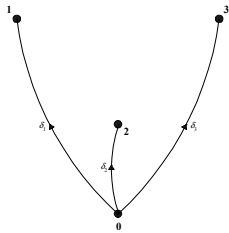
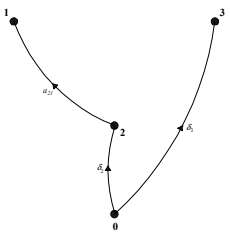
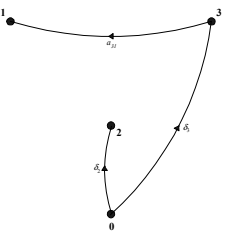
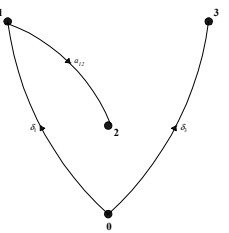
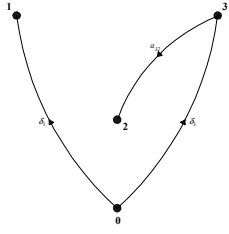
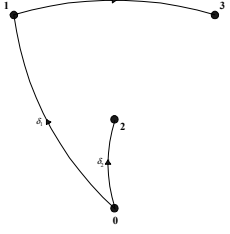
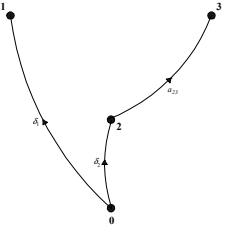
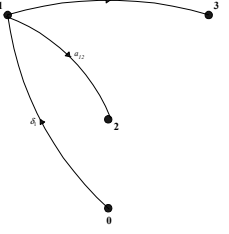
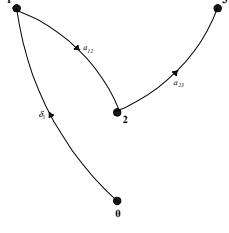
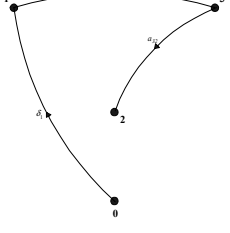
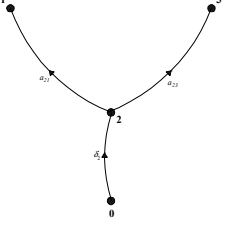
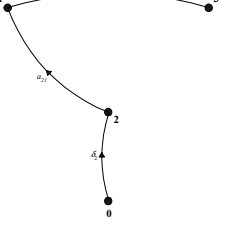
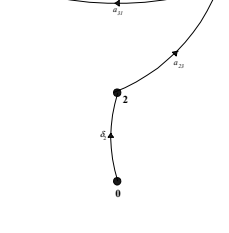
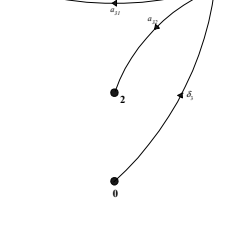
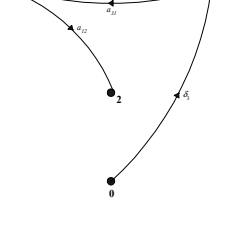
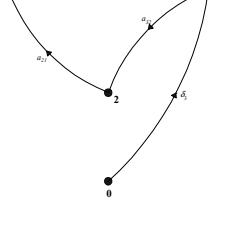
$$\det a_{ij} = \sum_{A_h \in E} V(A_h)$$

Dans l'exemple représenté ci-dessus, le graphe γ contient seize arborescences, le déterminant de la matrice $[A]$ est donc égal à :

$$\det a_{ij} = \sum_{h=1}^{16} V(A_h) .$$

Le déterminant d'une structure d'échanges est une fonction de la diffusion arborescence des influences extérieures à travers la structure. Dans l'optique où le graphe γ décrit des flux informationnels, le sommet 0 apparaît comme l'ensemble agrégé des sources de perturbations extérieures (les offres exogènes d'informations) qui impactent les pôles de la structure organisationnelle formée par les pôles 1, 2 et 3.

La figure ci-dessous permet de visualiser les arborescences du graphe ainsi que la valeur affectée à chacune d'elle :

 <p>$V(A_1) = \delta_1 \delta_2 \delta_3$</p>	 <p>$V(A_2) = \delta_2 \delta_3 a_{21}$</p>	 <p>$V(A_3) = \delta_2 \delta_3 a_{31}$</p>	 <p>$V(A_4) = \delta_1 \delta_3 a_{12}$</p>
 <p>$V(A_5) = \delta_1 \delta_3 a_{32}$</p>	 <p>$V(A_6) = \delta_1 \delta_2 a_{13}$</p>	 <p>$V(A_7) = \delta_1 \delta_3 a_{23}$</p>	 <p>$V(A_8) = \delta_1 a_{12} a_{13}$</p>
 <p>$V(A_9) = \delta_1 a_{12} a_{23}$</p>	 <p>$V(A_{10}) = \delta_1 a_{13} a_{32}$</p>	 <p>$V(A_{11}) = \delta_2 a_{21} a_{23}$</p>	 <p>$V(A_{12}) = \delta_2 a_{21} a_{13}$</p>
 <p>$V(A_{13}) = \delta_2 \delta_{23} a_{31}$</p>	 <p>$V(A_{14}) = \delta_3 a_{31} a_{32}$</p>	 <p>$V(A_{15}) = \delta_3 a_{31} a_{12}$</p>	 <p>$V(A_{16}) = \delta_3 a_{32} a_{21}$</p>

Annexe 7

Le déterminant maximum

Cette annexe présente le raisonnement qui aboutit au déterminant maximum en offre dominante, présenté dans la section 4.3.2/ du chapitre 4, à partir des développements dans Lantner (1974, p. 120).

Lantner (1974, p. 120) part d'un système où la dominance se fait par la demande et travaille sur le graphe d'influence relative (donc les valuations sont les coefficients de débouchés). Le système de référence est :

$$\begin{cases} X_1 - \alpha_{11}X_1 - \alpha_{12}X_1 - \dots - \alpha_{1n}X_1 = D_1 \\ \vdots \\ X_i - \alpha_{i1}X_i - \alpha_{i2}X_i - \dots - \alpha_{in}X_i = D_i \\ \vdots \\ X_n - \alpha_{n1}X_n - \alpha_{n2}X_n - \dots - \alpha_{nn}X_n = D_n \end{cases}$$

avec comme propriété le fait que la somme de chaque ligne de la matrice [A] est égal à la proportion de ce qui est ce qui est exporté vers l'extérieur.

$$\begin{cases} 1 - \alpha_{11} - \alpha_{12} - \dots - \alpha_{1n} = \frac{D_1}{X_1} = \delta_1 \\ \vdots \\ 1 - \alpha_{i1} - \alpha_{i2} - \dots - \alpha_{in} = \frac{D_i}{X_i} = \delta_i \\ \vdots \\ 1 - \alpha_{n1} - \alpha_{n2} - \dots - \alpha_{nn} = \frac{D_n}{X_n} = \delta_n \end{cases} \Leftrightarrow \begin{pmatrix} (1 - \alpha_{11}) & \dots & -\alpha_{1j} & \dots & -\alpha_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\alpha_{i1} & \dots & -\alpha_{ij} & \dots & -\alpha_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\alpha_{n1} & \dots & -\alpha_{nj} & \dots & (1 - \alpha_{nn}) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \vdots \\ \delta_i \\ \vdots \\ \delta_n \end{pmatrix}$$

La matrice représentative du système est donc la matrice [A].

La structure représentée par son graphe (orientation des arcs inverse du sens des flux physiques) a deux caractéristiques :

- les autoconsommations sont nulles : $\alpha_{ii} = 0$
- $\alpha_{ij} \neq 0$ seulement si $j = i+1$

La matrice qui va servir au calcul du déterminant est donc de la forme:

$$\begin{pmatrix} 1 & -\alpha_{12} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\alpha_{n1} & \dots & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

dont on peut conclure puisque le système plus haut est vérifié qu'elle est équivalente à celle-ci :

$$\begin{pmatrix} 1 & -(1-\delta_1) & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -(1-\delta_n) & \dots & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Pour le vérifier, prenons la première ligne du système explicitant les δ_i . Avec les deux caractéristiques de la structure considérée, il vérifie $1 - \alpha_{12} = \delta_1 \Leftrightarrow -\alpha_{12} = \delta_1 - 1 = -(1 - \delta_1)$

On peut donc remplacer dans [A] les termes en $-\alpha_{ij} \neq 0$ par leur expression en fonction des δ_i .

Si l'on passe maintenant à une structure où la dominance se fait par l'offre, la logique n'est plus d'exprimer les proportions relatives exportées vers l'extérieur mais les proportions relatives importées de l'extérieur. La correspondance de l'écriture en termes de graphe d'influence relative nous oblige à passer non plus par les coefficients de débouchés mais par les coefficients techniques.

Le système de référence est :

$$\begin{cases} X_1 - \theta_{11}X_1 - \theta_{21}X_1 - \dots - \theta_{n1}X_1 = R_1 \\ \vdots \\ X_j - \theta_{1j}X_j - \theta_{2j}X_j - \dots - \theta_{nj}X_j = R_j \\ \vdots \\ X_n - \theta_{1n}X_n - \theta_{2n}X_n - \dots - \theta_{nn}X_n = R_n \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 1 - \theta_{11} - \theta_{21} - \dots - \theta_{n1} = \frac{R_1}{X_1} = \delta_1 \\ \vdots \\ 1 - \theta_{1j} - \theta_{2j} - \dots - \theta_{nj} = \frac{R_j}{X_j} = \delta_j \\ \vdots \\ 1 - \theta_{1n} - \theta_{2n} - \dots - \theta_{nn} = \frac{R_n}{X_n} = \delta_n \end{cases}$$

$$\Leftrightarrow \begin{pmatrix} (1-\theta_{11}) & \dots & -\theta_{1j} & \dots & -\theta_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\theta_{i1} & \dots & -\theta_{ij} & \dots & -\theta_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\theta_{n1} & \dots & -\theta_{nj} & \dots & (1-\theta_{nn}) \end{pmatrix} = (\delta_1 \quad \dots \quad \delta_j \quad \dots \quad \delta_n)$$

Cette fois-ci c'est la somme en colonne qui va être égale à la proportion de la production de chaque pôle importée de l'extérieur, notée δ_j .

Ici aussi, la structure représentée par son graphe (orientation des arcs dans le sens des flux physiques) a deux caractéristiques :

- les autofournitures sont nulles : $\theta_{ii} = 0$
- $\theta_{ij} \neq 0$ seulement si $j = i+1$

La matrice qui va servir au calcul du déterminant est donc de la forme:

$$\begin{pmatrix} 1 & -\theta_{12} & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\theta_{n1} & \dots & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

On peut en conclure puisque le système plus haut est vérifié qu'elle est équivalente à celle-ci :

$$\begin{pmatrix} 1 & -(1-\delta_2) & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -(1-\delta_1) & \dots & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

Pour le vérifier, renons la première colonne du système explicitant les δ_j . Avec les deux caractéristiques de la structure considérée, il vérifie $1 - \theta_{n1} = \delta_1 \Leftrightarrow -\theta_{n1} = \delta_1 - 1 = -(1 - \delta_1)$

Pour la deuxième colonne on a $1 - \theta_{12} = \delta_2 \Leftrightarrow -\theta_{12} = \delta_2 - 1 = -(1 - \delta_2)$

On peut donc remplacer dans $[\Theta]$ les termes en $-\theta_{ij} \neq 0$ par leur expression en fonction des δ_j .

Annexe 8

Equivalence entre le déterminant de [A] et celui de [Θ]

Soit X_D la matrice diagonale :

$$X_D = \begin{bmatrix} X_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & X_2 & \vdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & X_n \end{bmatrix}$$

et son inverse que l'on détermine facilement :

$$X_D^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{X_2} & \vdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{X_n} \end{bmatrix}$$

Soit F la matrice des flux (informationnels) :

$$F = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \vdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix}$$

En partant des définitions de Θ et A :

$$\Theta = \begin{bmatrix} \theta_{11} & \theta_{12} & \cdots & \theta_{1n} \\ \theta_{21} & \theta_{22} & \vdots & \theta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \theta_{n1} & \theta_{n2} & \cdots & \theta_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \vdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{X_2} & \vdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{X_n} \end{bmatrix} = F X_D^{-1}$$

$$A = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} & \vdots & \alpha_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{n1} & \alpha_{n2} & \cdots & \alpha_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{X_1} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \frac{1}{X_2} & \vdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{X_n} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \vdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nn} \end{bmatrix} = X_D^{-1} F \Leftrightarrow F = X_D A$$

Ensuite, on réexprime Θ en fonction de A :

$$\Theta = FX_D^{-1} = X_D AX_D^{-1}$$

Et il vient :

$$\begin{aligned}\det(\Theta) &= \det(X_D AX_D^{-1}) = \det(X_D) \cdot \det(A) \cdot \det(X_D^{-1}) \\ &= \det(X_D) \cdot \det(X_D^{-1}) \cdot \det(A) \\ &= \det(X_D X_D^{-1}) \cdot \det(A) \\ &= \det(A)\end{aligned}$$

Remarque :

On peut le démontrer plus directement à partir de :

$$\begin{aligned}\det(X_D) &= \prod_{i=1}^n X_i \\ \det(X_D^{-1}) &= \frac{1}{\det(X_D)} = \frac{1}{\prod_{i=1}^n X_i}\end{aligned}$$

et il vient :

$$\begin{aligned}\det(\Theta) &= \det(X_D AX_D^{-1}) = \det(X_D) \cdot \det(A) \cdot \det(X_D^{-1}) \\ &= \prod_{i=1}^n X_i \cdot \det(A) \cdot \frac{1}{\prod_{i=1}^n X_i} \\ &= \prod_{i=1}^n X_i \cdot \frac{1}{\prod_{i=1}^n X_i} \det(A) \\ &= \det(A)\end{aligned}$$

Annexe 9

Analyse de la structure au niveau global avec comme pôles les individus

9.1/ Tableau des données brutes sur l'ensemble de l'organisation	p. 404
9.2/ Tableau des flux d'échanges de mails sur les 49 pôles retenus	p. 405
9.3/ Matrice des coefficients de débouchés $[A]$	p. 406
9.3b/ Matrice $[I - A]$	p. 407
9.3c/ Matrice $[I - A]^{-1} = [\Phi]$	p. 408
9.4/ Matrice des coefficients techniques $[\Theta]$	p. 409
9.4b/ Matrice $[I - \Theta]$	p. 410
9.4c/ Matrice $[I - \Theta]^{-1}$	p. 411
9.5/ Matrice diagonale $[D]$ des coefficients δ_j	p. 412
9.6/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$	p. 413
9.7/ Ordres de multiplication et indicateurs structuraux.....	p. 414
9.8/ Indicateurs de centralité	p. 416

9.1/ Tableau des données brutes sur l'ensemble de l'organisation

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
26	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
27	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
32	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
33	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
35	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																																							

9.2/ Tableau des flux d'échanges de mails sur les 49 pôles retenus

TI	EXT	MEM	TS
1	2	10	13
13	13	10	36
12	5	0	17
2	4	1	7
5	8	16	29
19	31	11	61
16	18	0	34
7	1	11	19
6	2	4	12
6	4	1	11
15	17	0	32
11	7	0	18
3	4	3	10
3	42	0	45
1	1	1	3
37	26	0	63
27	11	0	38
0	1	4	5
3	11	7	21
3	12	17	32
3	4	8	15
4	2	1	7
0	2	5	7
11	5	5	21
10	7	0	17
9	5	0	14
1	8	9	18
5	10	15	30
2	4	16	22
2	6	1	9
3	22	20	45
3	4	6	13
0	1	3	4
1	5	12	18
4	8	10	22
22	7	35	64
6	6	0	12
8	6	0	14
8	20	27	55
5	0	6	11
13	4	0	17
1	5	4	10
14	33	0	47
7	2	0	9
1	2	2	5
4	12	1	17
2	4	0	6
1	0	11	12
9	16	0	25

9.3/ Matrice des coefficients de débouchés [A]

[illegible]

9.3b/ Matrice [I - A]

[illegible]

9.3c/ Matrice $[I - A]^{-1} = [\Phi$

1	2E-05	5E-07	5E-06	4E-05	1E-05	5E-05	3E-06	2E-06	2E-06	8E-06	6E-07	4E-06	4E-06	2E-07	4E-05	3E-04	2E-07	4E-06	1E-05	1E-06	2E-06	1E-05	3E-06	4E-04	2E-05	8E-06	1E-05	3E-05	2E-07	7E-06	5E-07	3E-08	2E-07	1E-04	1E-04	2E-06	1E-05	0,006	4E-06	1E-04	2E-06	8E-05	3E-06	0	3E-07	2E-06	0,077	3E-06	
6E-04	1,079	2E-05	3E-06	0,003	6E-04	0,073	0,187	0,025	0,002	0,083	3E-04	0,003	2E-04	2E-05	0,002	0,006	2E-05	3E-04	0,034	0,06	7E-05	0,002	5E-04	0,011	7E-04	0,007	6E-04	0,002	2E-04	5E-04	6E-05	1E-06	1E-05	2E-05	0,015	1E-04	0,002	0,001	1E-04	0,01	5E-05	0,004	8E-05	0	2E-05	5E-05	0,002	0,006	
2E-04	0,011	1,218	0,072	0,004	0,008	0,002	0,002	3E-04	2E-04	1E-03	2E-04	4E-04	0,002	2E-04	0,004	0,003	2E-04	3E-04	0,072	0,072	0,06	1E-04	0,004	4E-04	3E-05	0,016	6E-03	0,072	0,081	0,073	4E-04	1E-02	0,072	0,01	0,007	1E-04	1E-04	0,001	3E-05	5E-04	2E-06	0,004	3E-06	0	7E-04	2E-06	3E-04	0,003	
2E-04	9E-05	4E-05	1,007	1E-04	2E-04	4E-04	2E-05	1E-05	1E-05	8E-05	5E-06	4E-05	7E-05	9E-07	0,009	0,002	9E-07	3E-05	9E-05	8E-06	6E-06	7E-05	2E-05	9E-04	6E-05	0,15	9E-04	2E-04	4E-06	2E-04	4E-06	2E-06	3E-06	0,144	0,002	1E-05	7E-05	0,013	1E-05	5E-04	4E-06	0,001	6E-06	0	2E-06	4E-06	5E-04	2E-04	
0,035	0,003	9E-05	1E-06	1,017	0,044	0,002	6E-04	2E-04	0,002	7E-04	0,002	0,003	0,001	0,002	0,004	3E-04	5E-04	0,002	0,002	0,002	7E-04	9E-07	6E-05	0,038	1E-04	9E-06	8E-05	4E-04	0,003	2E-04	0,003	0,003	1E-06	0,003	1E-05	0,018	0,037	6E-05	6E-04	2E-04	0,037	7E-07	0,002	1E-06	0	0,006	7E-07	0,003	4E-04
9E-04	0,018	9E-05	5E-06	0,024	1,015	0,002	6E-04	4E-04	1E-03	0,002	0,003	0,001	0,054	9E-04	0,004	0,003	9E-04	1E-03	0,051	0,001	9E-06	1E-04	0,019	0,002	9E-05	2E-04	0,002	0,001	1E-04	0,069	0,021	5E-06	0,003	1E-05	0,005	0,033	1E-04	5E-04	1E-04	0,001	7E-06	0,051	1E-05	0	0,006	7E-06	0,002	3E-04	
1E-03	0,137	2E-04	2E-05	0,002	0,005	1,047	0,03	0,02	0,031	0,108	0,004	0,036	0,002	2E-04	0,011	0,068	2E-04	0,002	0,003	0,01	4E-05	0,035	0,005	0,007	4E-04	0,007	0,005	0,009	0,003	0,004	6E-04	1E-05	3E-05	8E-05	0,095	2E-04	0,035	0,004	2E-04	0,004	3E-05	0,041	5E-05	0	4E-05	3E-05	0,004	0,009	
0,001	0,181	4E-05	7E-06	0,015	0,001	0,024	1,045	0,075	7E-04	0,087	2E-04	0,001	5E-04	5E-05	0,002	0,01	5E-05	9E-04	6E-04	0,01	4E-04	0,001	1E-03	0,06	0,004	0,003	0,001	0,006	8E-05	0,001	9E-05	3E-06	5E-05	1E-04	0,035	6E-04	0,001	0,005	6E-04	0,059	3E-04	0,009	4E-05	0	9E-05	3E-04	0,008	0,007	
0,002	0,051	3E-05	3E-06	0,003	5E-04	0,043	0,211	1,155	0,001	0,308	2E-04	0,002	2E-04	2E-05	0,003	0,005	2E-05																																

9.4/ Matrice des coefficients techniques [Θ]

[illegible]

9.4b/ Matrice [I - Θ]

[illegible]

9.4c/ Matrice [I - Θ]¹

1	6E-06	4E-07	1E-05	2E-05	3E-06	2E-05	2E-06	2E-06	2E-06	3E-06	4E-07	5E-06	1E-06	7E-07	8E-06	1E-04	4E-07	2E-06	4E-06	1E-06	4E-06	2E-05	2E-06	3E-04	2E-05	6E-06	6E-06	2E-05	3E-07	2E-06	5E-07	1E-07	1E-07	7E-05	2E-05	2E-06	9E-06	0,002	4E-06	1E-04	2E-06	2E-05	4E-06	0	2E-07	4E-06	0,084	2E-06		
0,002	1,079	5E-05	1E-05	0,003	3E-04	0,077	0,354	0,075	0,007	0,093	6E-04	0,009	2E-04	3E-04	0,001	0,006	2E-04	5E-04	3E-04	0,144	3E-04	0,013	9E-04	0,023	0,002	0,014	7E-04	0,003	9E-04	4E-04	2E-04	1E-05	2E-05	4E-05	0,009	3E-04	0,006	8E-04	4E-04	0,023	2E-04	0,003	3E-04	0	4E-05	3E-04	0,005	0,009		
3E-04	0,005	1,218	0,175	0,003	0,002	8E-04	0,002	4E-04	3E-04	5E-04	2E-04	6E-04	8E-04	0,001	0,001	0,001	6E-04	2E-04	0,038	0,082	7E-06	3E-04	0,003	4E-04	3E-05	0,015	0,047	0,056	0,152	0,027	5E-04	0,304	0,068	0,008	0,002	0,006	2E-04	4E-04	4E-05	5E-04	3E-06	0,001	6E-06	0	7E-04	6E-06	5E-04	2E-04		
9E-05	2E-05	2E-05	1,007	3E-05	2E-05	8E-05	7E-06	8E-06	8E-06	2E-05	2E-06	3E-05	1E-05	2E-06	1E-03	4E-04	1E-06	1E-05	2E-05	4E-06	6E-06	7E-05	6E-06	4E-04	3E-05	0,059	2E-04	5E-05	3E-06	4E-05	2E-06	4E-06	1E-06	0,046	2E-04	6E-06	3E-05	0,002	7E-06	2E-04	3E-06	2E-04	5E-06	0	7E-07	5E-06	3E-04	5E-05		
0,078	0,003	3E-05	6E-06	1,017	0,021	0,001	9E-04	4E-04	0,005	6E-04	0,004	0,007	0,001	0,017	1E-04	4E-04	0,01	0,003	0,002	0,001	4E-06	3E-04	0,052	3E-04	2E-05	1E-04	4E-04	0,004	6E-04	0,002	0,007	7E-06	0,005	1E-05	0,008	0,089	1E-04	3E-04	5E-04	0,064	2E-06	0,001	3E-06	0	0,011	3E-06	0,007	4E-04		
0,004	0,031	3E-04	5E-05	0,05	1,015	0,004	0,01	0,002	0,005	0,003	0,009	0,009	0,073	0,018	0,004	0,004	0,011	0,003	0,097	0,006	8E-05	0,001	0,055	0,005	4E-04	7E-04	0,004	0,004	7E-04	0,093	0,098	8E-05	0,01	3E-05	0,005	0,176	6E-04	6E-04	5E-04	0,004	4E-05	0,066	7E-05	0	0,021	7E-05	0,013	6E-04		
0,003	0,129	4E-04	7E-05	0,002	0,003	1,047	0,053	0,057	0,096	0,115	0,007	0,122	0,002	0,003	0,006	0,061	0,002	0,003	0,003	0,024	2E-04	0,17	0,008	0,013	0,001	0,013	0,005	0,014	0,012	0,003	0,002	1E-04	6E-05	1E-04	0,05	6E-04	0,085	0,003	6E-04	0,008	1E-04	0,03	2E-04	0	7E-05	2E-04	0,013	0,012		
0,002	0,095	5E-05	2E-05	0,01	4E-04	0,013	1,045	0,118	0,001	0,051	2E-04	0,003	2E-04	3E-04	7E-04	0,005	2E-04	8E-04	3E-04	0,013	1E-03	0,003	9E-04	0,067	0,005	0,004	7E-04	0,005	2E-04	5E-04	1E-04	1E-05	5E-05	8E-05	0,01	9E-04	0,001	0,002	1E-03	0,066	5E-04	0,004	9E-04	0	1E-04	8E-04	0,012	0,005		
0,002	0,017	2E-05	5E-06	0,001	1E-04	0,015	0,133	1,155	0,001	0,115	1E-04	0,002	5E-05	8E-05	6E-04	0,002	5E-05	2E-04	9E-05	0,002	1E-04	0,003	2E-04	0,009	7E-04	0,007	3E-04	0,001	2E-04	2E-04	4E-05	6E-06	8E-06	1E-05	0,004	1E-04	0,001	3E-04	2E-04	0,009	7E-05	9E-04	1E-04	0	1E-05	1E-04	0,002	0,01		
5E-04	0,012	3E-04	5E-05	0,004	0,001	0,066	0,005	0,004	0,011	0,008	0,01	0,115	2E-04	0,018	5E-04	0,004	0,011	0,003	3E-04	0,069	1E-05	0,011	0,053	1E-03	7E-05	0,005	0,005	0,004	0,126	4E-04	0,006	8E-05	5E-05	1E-05	0,005	6E-04	0,005	2E-04	5E-04	8E-04	7E-06	0,002	1E-05	0	7E-05	1E-05	9E-04	9E-04		
0,015	0,058	2E-04	3E-05	0,002	5E-04	0,135	0,127	0,498	0,012	1,071	0,001	0,018	3E-04	5E-04	0,005	0,01	3E-04	0,002	5E-04	0,009	1E-04	0,022	0,001	0,01	7E-04	0,061	0,002	0,007	0,002	0,001	3E-04	4E-05	2E-05	5E-05	0,03	2E-04	0,011	0,001	4E-04	0,009	7E-05	0,005	1E-04	0	3E-05	1E-04	0,005	0,095		
0,002	0,002	3E-05	6E-06	0,027	0,024	0,01	8E-04	7E-04	0,033	0,001	1,041	0,249	0,002	0,119	2E-04	8E-04	0,071	0,017	0,002	0,003	4E-06	0,002	0,357	3E-04	2E-05	3E-04	2E-04	0,017	0,004	0,003	0,129	8E-06	4E-04	6E-06	0,006	0,006	8E-04	1E-04	0,003	0,002	2E-06	0,002	4E-06	0	7E-04	4E-05	6E-04	4E-04		
3E-04	0,004	6E-05	1E-05	0,002	0,001	0,033	0,002	0,002	0,005	0,004	0,058	1,019	2E-04	0,007	3E-04	0,002	0,004	0,002	2E-04	9E-04	8E-06	0,005	0,02	6E-04	4E-05	5E-04	8E-04	0,005	6E-04	7E-04	0,007	1E-05	2E-05	2E-05	0,02	4E-04	0,003	4E-04	3E-04	4E-04	4E-06	0,001	7E-06	0	5E-05	7E-06	5E-04	0,001		
0,003	0,001	1E-05	2E-06	0,037	0,034	2E-04	4E-04	9E-05	3E-04	1E-04	4E-04	5E-04	1,002	0,001	1E-04	1E-04	7E-04	2E-04	0,003	2E-04	3E-06	5E-05	0,004	2E-04	1E-05	3E-05	2E-04	3E-04	4E-05	0,003	0,003	3E-06	5E-04	1E-06	4E-04	0,009	2E-05	3E-05	3E-05	0,002	1E-06	0,002	2E-06	0	0,001	2E-06	7E-04	3E-05		
3E-04	1E-04	2E-06	4E-07	0,004	1E-03	5E-04	4E-05	3E-05	0,005	6E-05	0,003	0,006	7E-05	1,017	8E-06	4E-05	0,01	0,002	9E-05	3E-04	2E-07	8E-05	0,05	1E-05	1E-06	2E-05	3E-05	0,002	6E-04	1E-04	0,005	6E-07	3E-05	3E-07	2E-04	5E-04	4E-05	6E-06	4E-04	2E-04	1E-07	8E-05	2E-07	0	6E-05	2E-07	4E-05	2E-05		
0,092	0,011	0,016	0,003	0,015	0,016	0,061	0,005	0,007	0,006	0,015	0,002	0,025	0,01	0,001	1,066	0,266	8E-04	0,009	0,016	0,003	8E-04	0,05	0,004	0,051	0,004	0,062	0,229	0,036	0,003	0,038	0,002	0,004	0,001	0,001	0,177	0,004	0,025	0,03	0,002	0,086	4E-04	0,186	7E-04	0	5E-04	6E-04	0,072	0,055		
0,008	0,028	0,004	7E-04	0,013	0,023	0,2	0,011	0,013	0,019	0,026	0,002	0,033	0,006	0,002	0,074	1,043	1E-03	0,006	0,038	0,005	0,002	0,191	0,005	0,143	0,011	0,011	0,055	0,031	0,003	0,01	0,003	1E-03	5E-04	0,001	0,106	0,005	0,096	0,027	0,003	0,073	0,001	0,093	0,002	0	6E-04	0,002	0,129	0,01		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2E-04	2E-04	5E-05	9E-06	2E-04	4E-04	0,001	1E-04	4E-04	1E-04	8E-04	1E-04	0,002	5E-04	8E-05	9E-05	6E-04	5E-05	1,001	6E-05	4E-05	2E-06	3E-04	2E-04	2E-04	1E-05	6E-05	7E-04	0,003	2E-05	0,023	7E-05	1E-05	8E-06	2E-05	0,018	9E-05	2E-04	4E-04	0,167	9E-05	1E-06	1E-04	2E-06	0	1E-05	2E-06	1E-04	9E-04		
3E-04	0,001	0,003	4E-04	0,001	0,018	0,005	5E-04	4E-04	6E-04	8E-04	2E-04	0,001	0,001	4E-04	0,003	0,028	2E-04	2E-04	1,003	4E-04	6E-05	0,005	0,001	0,004	3E-04	4E-04	0,035	0,001	4E-04	0,002	0,002	6E-04	3E-04	5E-05	0,004	0,003	0,003	8E-04	9E-05	0,002	3E-05	0,004	5E-05	0	4E-04	5E-05	0,004	3E-04		
2E-04	0,06	2E-05	3E-06	2E-04	3E-05	0,004	0,02	0,004	4E-04	0,005	3E-05	5E-04	2E-05	2E-05	1E-03	8E-04	1E-05	4E-05	3E-05	1,008	2E-05	8E-04	5E-05	0,001	1E-04	0,056	2E-04	2E-04	5E-05	6E-05	1E-05	4E-04	6E-06	2E-06	3E-06	6E-04	2E-05	4E-04	7E-05	2E-05	0,001	1E-05	3E-04	2E-05	0	3E-06	2E-05	3E-04	5E-04	
6E-04	0,02	4E-05	2E-05	0,007	4E-04	0,002	0,007	0,001	2E-04	0,002	6E-05	6E-04	5E-05	1E-04	1E-04	0,001	9E-05	0,006	0,01	0,003	1,24	4E-04	4E-04	0,008	0,116	3E-04	5E-04	1E-03	3E-05	3E-04	8E-05	9E-06	4E-05	1E-04	0,003	7E-04	2E-04	0,002	0,02	0,021	0,012	5E-04	0,325	0	8E-05	0,019	0,002	3E-04		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,006	0,002	5E-05	8E-06	0,076	0,02	0,01	9E-04	7E-04	0,097	0,001	0,071	0,131	0,001	0,351	2E-04	8E-04	0,21	0,05	0,002	0,007	4E-06	0,002	1,052	3E-04	2E-05	5E-04	7E-04	0,049	0,012	0,003	0,104	1E-05	5E-04	6E-06	0,004	0,01	8E-04	1E-04	0,008	0,005	2E-06	0,002	4E-06	0	0,001	4E-06	9E-04	3E-04		
0,001	0,003	3E-04	2E-04	0,006	0,003	0,012	0,001	8E-04	0,001	0,002	3E-04	0,002	0,003	0,001	0,007	0,061	6E-04	0,004	0,004	5E-04	0,016	0,011	0,003	1,083	0,082	9E-04	0,004	0,051	2E-04	0,003	6E-04	7E-05	7E-05	0,001	0,008	0,001	0,006	0,026	0,014	0,007	0,008	0,052	0,014	0	1E-04	0,014	0,197	8E-04		
0,003	0,012	4E-05	1E-04	0,039	0,001	0,002	0,004	9E-04	4E-04	0,001	2E-04	9E-04	3E-04	7E-04	6E-04	0,005	4E-04	0,051	0,006	0,002	0,209	0,001	0,002	0,072	1,066	3E-04	6E-04	0,004	5E-05	0,001	3E-04	1E-05	2E-04	1E-03	0,004	0,004	6E-04	0,021	0,186	0,016	0,107	0,004	0,185							

9.5/ Matrice diagonale [D] des coefficients δ_i

[illegible]

9.6/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

6.992	4E-06	3E-07	7E-06	1E-05	2E-06	1E-05	2E-06	1E-06	1E-06	2E-06	3E-07	3E-06	8E-07	5E-07	5E-06	7E-05	3E-07	2E-06	3E-06	7E-07	3E-06	1E-05	1E-06	2E-04	2E-05	4E-06	4E-06	1E-05	2E-07	1E-06	3E-07	7E-08	9E-08	5E-05	2E-05	1E-06	6E-06	0,001	3E-06	7E-05	2E-06	1E-05	3E-06	0	2E-07	3E-06	0,058	1E-06	
1E-03	0,63	3E-05	0E-06	0,002	2E-04	0,045	2,006	0,043	0,004	0,054	3E-04	0,006	1E-04	2E-04	6E-04	0,003	1E-04	3E-04	2E-04	0,084	2E-04	0,007	5E-04	0,014	0,001	0,008	4E-04	0,002	5E-04	2E-04	9E-05	8E-06	1E-05	2E-05	0,005	2E-04	0,004	5E-04	3E-04	2E-04	0,013	1E-04	0,002	2E-04	0	2E-05	2E-04	0,003	0,005
2E-04	0,004	0,931	0,134	0,002	6E-04	0,001	3E-04	3E-04	4E-04	2E-04	5E-04	6E-04	8E-04	9E-04	0,001	5E-04	2E-04	0,029	0,063	5E-06	3E-04	0,002	3E-04	3E-05	0,011	0,036	0,043	0,116	0,021	4E-04	0,233	0,052	0,006	0,001	0,005	1E-04	3E-04	2E-05	3E-04	3E-06	0,001	5E-06	0	6E-04	4E-06	4E-04	1E-04		
6E-05	1E-05	1E-05	0,719	2E-05	1E-05	6E-05	5E-06	6E-06	6E-06	1E-05	1E-06	2E-05	8E-06	1E-06	7E-04	3E-04	9E-07	8E-06	1E-05	3E-06	4E-06	5E-05	4E-06	3E-04	2E-05	0,042	2E-04	4E-05	2E-06	3E-05	2E-06	3E-06	8E-07	0,033	1E-04	4E-06	2E-05	0,001	5E-06	1E-04	2E-06	1E-04	4E-06	0	5E-07	3E-06	2E-04	4E-05	
0,043	0,002	2E-05	4E-06	0,561	0,011	7E-04	5E-04	2E-04	0,003	3E-04	0,002	0,004	8E-04	0,01	7E-05	2E-04	0,006	0,002	0,001	8E-04	2E-06	1E-04	0,029	1E-04	1E-05	7E-05	2E-04	0,002	3E-04	0,001	0,004	4E-06	0,003	7E-06	0,005	0,049	7E-05	2E-04	3E-04	0,035	1E-06	8E-04	2E-06	0	0,006	2E-06	0,004	2E-04	
0,003	0,024	2E-04	4E-05	0,339	0,799	0,003	0,008	0,002	0,004	0,002	0,007	0,007	0,057	0,014	0,003	0,003	0,009	0,002	0,077	0,005	6E-05	9E-04	0,043	0,004	3E-04	6E-04	0,074	0,077	6E-05	0,008	2E-06	0,004	0,138	5E-04	4E-04	4E-04	0,003	3E-05	0,052	6E-05	0	0,016	5E-05	0,01	5E-04				
0,001	0,061	2E-04	3E-05	0,001	0,001	0,493	0,025	0,027	0,045	0,054	0,003	0,057	7E-04	0,001	0,003	0,029	8E-04	0,001	0,011	9E-05	0,08	0,004	0,006	5E-04	0,006	0,003	0,007	0,006	0,001	8E-04	5E-05	3E-05	6E-05	0,024	3E-04	0,04	0,001	3E-04	0,004	5E-05	0,014	8E-05	0	3E-05	8E-05	0,006	0,006		
8E-04	0,05	3E-05	1E-05	0,005	2E-04	0,007	0,055	0,062	7E-04	0,027	1E-04	0,001	1E-04	2E-04	4E-04	0,003	9E-05	4E-04	2E-04	0,007	5E-04	0,001	5E-04	0,035	0,004	0,002	4E-04	0,003	9E-05	2E-04	7E-05	6E-06	3E-05	0,006	5E-04	7E-04	1E-03	5E-04	0,035	3E-04	0,002	5E-04	0	5E-05	4E-04	0,007	0,003		
7E-04	0,007	1E-05	2E-06	5E-04	4E-05	0,006	0,055	0,481	6E-04	0,048	6E-05	9E-04	2E-05	3E-05	2E-04	7E-04	2E-05	1E-04	4E-05	1E-03	5E-05	0,001</																											

9.7/ Ordres de multiplication et indicateurs structuraux

Colonne de gauche : numéro de l'individu

Colonne de droite : valeur de l'indicateur

Ils sont classés par ordre décroissant

A) Coefficients d'importation de ressources δ_i

35	0,909
42	0,9
34	0,889
46	0,882
14	0,867
19	0,857
39	0,855
12	0,833
47	0,833
10	0,818

18	0,8
16	0,794
6	0,787
38	0,786
20	0,781
31	0,778
3	0,765
49	0,76
33	0,75
4	0,714

1	0,692
15	0,667
21	0,667
27	0,667
30	0,667
11	0,656
29	0,636
28	0,633
43	0,617
32	0,615

41	0,588
2	0,583
37	0,583
22	0,571
23	0,571
26	0,571
44	0,556
5	0,552
8	0,526
17	0,526

7	0,471
25	0,471
24	0,429
36	0,422
9	0,417
13	0,4
40	0,364
48	0,333

B) Ordres de multiplication

Graphe d'Influence Absolue

44	2,488
22	2,344
17	2,153
41	2,137
26	2,089
12	2,002
3	1,975
16	1,946
25	1,928
9	1,883

10	1,856
38	1,854
40	1,833
11	1,798
7	1,786
24	1,745
47	1,696
8	1,659
37	1,652
2	1,591

15	1,582
49	1,559
13	1,529
36	1,5
43	1,421
6	1,404
32	1,364
4	1,333
46	1,323
21	1,286

30	1,284
5	1,277
28	1,275
39	1,265
35	1,226
45	1,221
19	1,211
42	1,209
20	1,151
29	1,137

27	1,108
48	1,105
34	1,092
14	1,091
31	1,089
1	1,085
18	1
23	1
33	1

Graphe d'Influence Relative

16	2,199
12	1,784
3	1,703
6	1,509
11	1,462
39	1,431
17	1,352
10	1,282
26	1,263
38	1,229

35	1,162
2	1,148
49	1,148
46	1,135
47	1,096
45	1,086
19	1,048
22	1,048
42	1,042
44	1,036

7	1,026
43	1,008
34	0,987
24	0,984
14	0,964
41	0,924
20	0,892
36	0,874
31	0,847
8	0,817

32	0,814
25	0,809
28	0,807
18	0,8
4	0,797
5	0,787
30	0,782
21	0,778
37	0,773
1	0,752

33	0,75
15	0,74
29	0,737
27	0,696
40	0,667
9	0,624
23	0,571
13	0,486
48	0,343

C) Indicateurs structuraux

Déterminant minimum	0
Déterminant maximum	1
Déterminant	0,096
Taux d'autarcie (a)	0,853
Taux d'interdépendance (i)	0,051
Taux de dépendance (t)	0,096
Taux de diffusion directe (d)	0,096
Ratio i/t (1)	0,537
Ratio (i/t)*d	0,051

9.8/ Indicateurs de centralité

A) Sur la base d'une matrice booléenne

Compte tenu du fait que le graphe est incomplet, nous n'avons pu calculer que la centralité de degré. L'analyse de la centralité dans la structure globale a été menée tout d'abord à partir de l'identification des relations symétriques entre pôles, repérées à partir de l'existence ou non de flux bi-univoques. Cette définition correspond selon nous assez bien à celle donnée au chapitre 3.

Ainsi, à partir de la matrice d'échanges de flux d'information présentée dans l'annexe 9.2, nous avons construit une matrice booléenne $[x_{ij}] = [x_{ji}]$ des relations entre pôles à partir de la règle suivante :

soit q_{ij} la quantité de mails du pôle i vers le pôle j et symétriquement q_{ji} la quantité de mails de j vers i :

$$x_{ij} = x_{ji} = 1 \quad \text{si } q_{ij} \neq 0 \text{ et } q_{ji} \neq 0$$

$$x_{ij} = x_{ji} = 0 \quad \text{sinon}$$

La matrice booléenne ainsi obtenue est présentée page suivante et permet d'obtenir pour chaque pôle l'indicateur de centralité de degré qui lui est associé, par un comptage simple de la somme en ligne associée à chaque individu (comme le tableau est symétrique, le comptage en colonne donne évidemment le même résultat). Les résultats classés par ordre décroissant sont les suivants (pour chaque tableau, à gauche : numéro du pôle, à droite : indicateur de centralité de degré).

36	8	25	4	10	2	15	1	47	1
6	7	37	4	20	2	19	1	48	1
7	7	39	4	22	2	21	1	1	0
17	7	8	3	31	2	27	1	18	0
11	6	12	3	35	2	29	1	23	0
24	6	13	3	38	2	32	1	30	0
16	5	28	3	44	2	34	1	33	0
26	5	43	3	3	1	41	1	40	0
2	4	49	3	4	1	42	1	45	0
5	4	9	2	14	1	46	1		

Selon, ce critère l'individu 36 est central, devant les individus 6, 7 et 17.

Matrice booléenne des liens bi-univoques

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	Total	
1																																																	0		
2							1	1			1										1																												4		
3																												1																						1	
4																													1																					1	
5						1																			1											1													4		
6					1									1						1					1							1					1											7			
7		1								1	1		1	1			1																		1	1					1							7			
8		1							1		1																											1											3		
9								1			1																																						2		
10							1																	1																									2		
11		1					1	1	1																																								6		
12													1											1																									3		
13							1						1																							1													3		
14						1																																												1	
15																									1																									1	
16																		1										1	1																				5		
17							1													1									1	1																			7		
18																																																			0
19																																																			1
20						1												1																																2	
21		1																																																	1
22																												1																						2	
23																																																			0
24					1	1				1		1			1																																		6		
25																		1																																4	
26																																																			4
27																		1																																5	
28																		1																																1	
29																																																			3
30																																																			1
31							1																																											0	
32													1																																					2	
33																																																			1
34																																																			0
35					1																																													1	
36							1				1		1																																					2	
37						1	1																																											8	
38							1																																											4	
39																																																			2
40																																																			4
41						1																																												0	
42																																																			1
43							1																																											1	
44																																																			3
45																																																			2
46																																																			0
47																																																			1
48																																																			1
49											1						1																																	3	

B) Sur la base du nombre de liens sortants

Compte tenu de notre hypothèse d'offre dominante, nous nous sommes dits également que le nombre de liens sortants, c'est-à-dire le nombre de pôles auquel un pôle de la structure envoie des informations (sans tenir compte du nombre de messages c'est-à-dire de l'intensité des liens) était pertinent pour mesurer la centralité de degré. Avec cette approche, on obtient le classement suivant (par ordre décroissant) qui est celui retenu dans le commentaire du chapitre 5 :

17	13	38	7	37	4	9	2	34	1
16	10	25	6	49	4	14	2	42	1
24	10	5	5	13	3	21	2	45	1
36	10	8	5	19	3	22	2	47	1
3	9	10	5	20	3	29	2	48	1
6	9	28	5	31	3	1	1	18	0
7	9	39	5	35	3	15	1	23	0
26	9	44	5	41	3	27	1	33	0
43	8	2	4	46	3	30	1	40	0
11	7	12	4	4	2	32	1		

Selon ce critère, c'est le pôle 17 qui est central, de manière plus nette que dans le cas précédent, devant les pôles 16, 24 et 36.

Compte tenu du nombre parfois faible de liens intra-département, notre analyse de la centralité au niveau local a retenu ce critère du nombre de liens vers d'autres pôles. Il peut être déterminé directement par la visualisation des graphes ou des tableaux.

Annexe 10
Analyse de l'interdépendance générale
à partir du théorème de la partition

10.1/ Tableau des flux d'échange en fonction des partitions	p. 420
10.2/ Matrice $[I - A]$ en fonction des partitions.....	p. 421

10.1/ Tableau des flux d'échange en fonction des partitions

[illegible]

Total	Intra	Extrajour	Mémoire	Total Soutien
1	2	10	13	
1	1	1	3	
2	4	16	22	
4	8	10	22	
1	2	2	5	
1	0	11	12	
13	13	10	36	
13	4	0	17	
12	5	0	17	
6	4	1	11	
37	26	0	63	
3	12	17	32	
3	4	8	15	
5	10	15	30	
2	6	1	9	
3	22	20	45	
0	1	3	4	
1	5	12	18	
2	4	1	7	
7	1	11	19	
6	2	4	12	
15	17	0	32	
1	8	9	18	
9	16	0	25	
5	8	16	29	
3	42	0	45	
6	6	0	12	
4	12	1	17	
19	31	11	61	
11	7	0	18	
3	4	3	10	
0	1	4	5	
11	5	5	21	
3	4	6	13	
16	18	0	34	
27	11	0	38	
0	2	5	7	
22	7	35	64	
8	6	0	14	
14	33	0	47	
3	11	7	21	
4	2	1	7	
10	7	0	17	
9	5	0	14	
8	20	27	55	
5	0	6	11	
1	5	4	10	
7	2	0	9	
2	4	0	6	

TI	4	1	8	2	0	8	15	7	4	2	13	7	5	11	3	10	1	2	2	9	7	11	6	6	13	6	5	2	13	3	6	1	12	5	18	18	3	37	3	18	3	3	9	6	8	7	1	4	1
EXT	9	2	14	20	5	4	21	10	9	9	13	25	10	19	6	35	3	16	5	10	5	13	12	11	16	28	6	15	48	15	4	9	8	14	9	4	27	4	20	18	4	7	7	47	4	9	3	4	
TE	13	3	22	22	5	12	36	17	17	11	63	32	15	30	9	45	4	18	7	19	12	32	18	25	29	45	12	17	61	18	10	5	21	13	34	38	7	64	14	47	21	7	17	14	55	11	10	9	6

10.2/ Matrice $[I - A]$ en fonction des partitions

[illegible]

Annexe 11

Analyse de la structure au niveau global

avec comme pôles les départements

1/ Tableau des flux d'échange

	A	B	C	D	E	F	G	H
A	2	0	0	2	1	2	0	3
B	0	3	2	8	4	0	9	0
C	2	3	26	4	2	5	29	1
D	3	5	3	21	0	0	7	1
E	1	1	2	0	8	6	0	0
F	2	1	8	0	8	22	5	1
G	8	5	15	6	2	5	40	6
H	5	4	2	0	1	0	7	30

TI	EXT	MEM	TS
10	17	50	77
26	17	10	53
72	95	77	244
40	48	25	113
18	68	17	103
47	52	29	128
87	77	40	204
49	56	45	150

TI	23	22	58	41	26	40	97	42
EXT	54	31	145	56	65	88	78	103
CRE	0	0	41	16	12	0	29	5
TE	77	53	244	113	103	128	204	150

2/ Matrice [A] des coefficients de débouchés

0,026	0	0	0,026	0,013	0,026	0	0,039
0	0,057	0,038	0,151	0,075	0	0,17	0
0,008	0,012	0,107	0,016	0,008	0,02	0,119	0,004
0,027	0,044	0,027	0,186	0	0	0,062	0,009
0,01	0,01	0,019	0	0,078	0,058	0	0
0,016	0,008	0,063	0	0,063	0,172	0,039	0,008
0,039	0,025	0,074	0,029	0,01	0,025	0,196	0,029
0,033	0,027	0,013	0	0,007	0	0,047	0,2

3/ Matrice [I – A]

0,974	0	0	-0,03	-0,01	-0,03	0	-0,04
0	0,943	-0,04	-0,15	-0,08	0	-0,17	0
-0,01	-0,01	0,893	-0,02	-0,01	-0,02	-0,12	-0
-0,03	-0,04	-0,03	0,814	0	0	-0,06	-0,01
-0,01	-0,01	-0,02	0	0,922	-0,06	0	0
-0,02	-0,01	-0,06	0	-0,06	0,828	-0,04	-0,01
-0,04	-0,02	-0,07	-0,03	-0,01	-0,02	0,804	-0,03
-0,03	-0,03	-0,01	0	-0,01	0	-0,05	0,8

4/ Matrice $[I - A]^{-1}$

1,03	0,004	0,005	0,034	0,018	0,034	0,009	0,051
0,018	1,079	0,076	0,211	0,093	0,017	0,257	0,013
0,019	0,022	1,139	0,034	0,017	0,035	0,178	0,014
0,04	0,063	0,05	1,246	0,008	0,007	0,118	0,02
0,013	0,013	0,031	0,004	1,091	0,078	0,011	0,002
0,025	0,015	0,095	0,008	0,086	1,219	0,078	0,017
0,057	0,039	0,113	0,058	0,022	0,044	1,278	0,051
0,047	0,039	0,029	0,012	0,014	0,006	0,087	1,256

5/ Matrice $[\Theta]$ des coefficients techniques

0,026	0	0	0,018	0,01	0,016	0	0,02
0	0,057	0,008	0,071	0,039	0	0,044	0
0,026	0,057	0,107	0,035	0,019	0,039	0,142	0,007
0,039	0,094	0,012	0,186	0	0	0,034	0,007
0,013	0,019	0,008	0	0,078	0,047	0	0
0,026	0,019	0,033	0	0,078	0,172	0,025	0,007
0,104	0,094	0,061	0,053	0,019	0,039	0,196	0,04
0,065	0,075	0,008	0	0,01	0	0,034	0,2

6/ Matrice $[I - \Theta]$

0,974	0	0	-0,02	-0,01	-0,02	0	-0,02
0	0,943	-0,01	-0,07	-0,04	0	-0,04	0
-0,03	-0,06	0,893	-0,04	-0,02	-0,04	-0,14	-0,01
-0,04	-0,09	-0,01	0,814	0	0	-0,03	-0,01
-0,01	-0,02	-0,01	0	0,922	-0,05	0	0
-0,03	-0,02	-0,03	0	-0,08	0,828	-0,02	-0,01
-0,1	-0,09	-0,06	-0,05	-0,02	-0,04	0,804	-0,04
-0,06	-0,08	-0,01	0	-0,01	0	-0,03	0,8

7/ Matrice $[I - \Theta]^{-1}$

1,03	0,006	0,002	0,023	0,013	0,02	0,003	0,026
0,013	1,079	0,017	0,099	0,048	0,007	0,067	0,005
0,06	0,101	1,139	0,073	0,039	0,067	0,213	0,023
0,059	0,134	0,023	1,246	0,009	0,006	0,066	0,015
0,017	0,025	0,013	0,003	1,091	0,063	0,006	0,001
0,042	0,036	0,05	0,009	0,107	1,219	0,049	0,014
0,15	0,152	0,094	0,104	0,044	0,07	1,278	0,07
0,092	0,11	0,018	0,016	0,021	0,007	0,064	1,256

8/ Coefficients d'entrée

A	B	C	D	E	F	G	H
0,701	0,585	0,762	0,637	0,748	0,688	0,525	0,72

9/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

0,723	0,004	0,001	0,016	0,009	0,014	0,002	0,018
0,007	0,631	0,01	0,058	0,028	0,004	0,039	0,003
0,046	0,077	0,868	0,056	0,03	0,051	0,162	0,017
0,037	0,085	0,015	0,794	0,006	0,004	0,042	0,01
0,013	0,019	0,01	0,003	0,816	0,047	0,004	0,001
0,029	0,025	0,034	0,006	0,073	0,838	0,034	0,01
0,079	0,08	0,05	0,055	0,023	0,037	0,671	0,037
0,066	0,079	0,013	0,012	0,015	0,005	0,046	0,904

10/ Ordres de multiplication

GIA		GIR	
B	1,766	C	1,308
G	1,662	H	1,14
D	1,553	F	1,049
F	1,543	G	1,029
H	1,49	D	0,993
C	1,458	E	0,912
E	1,243	A	0,788
A	1,185	B	0,78

11/ Indicateurs de centralité

Le comptage du nombre de liens sortants place à égalité les départements C et G qui communiquent chacun avec l'ensemble des autres pôles. Par contre, la construction d'une matrice booléenne selon le principe présenté dans l'annexe 9.8 aboutit au résultat suivant :

	A	B	C	D	E	F	G	H	total
A	0	0	0	1	1	1	0	1	4
B	0	0	1	1	1	0	1	0	4
C	0	1	0	1	1	1	1	1	6
D	1	1	1	0	0	0	1	0	4
E	1	1	1	0	0	1	0	0	4
F	1	0	1	0	1	0	1	0	4
G	0	1	1	1	1	0	0	1	5
H	1	0	1	0	1	0	1	0	4

Le pôle C est donc celui que l'on retient comme le plus central du point de vue de la centralité de degré.

On a ensuite calculé pour chaque individu la centralité de proximité (section 2.3.1.2 du chapitre 3) à partir du calcul de la distance minimum reliant les points entre eux. Le tableau qui suit représente ainsi pour chaque paire de pôles les chemins géodésiques permettant de les relier et la distance correspondante.

paire considérée	géodésique	distance
(A,B)	ADB, AEB	2
(A,C)	ADC, AEC, AFC, AHC	2
(A,D)	AD	1
(A,E)	AE	1
(A,F)	AF	1
(A,G)	ADG, AFG, AHG	2
(A,H)	AH	1
(B,C)	BC	1
(B,D)	BD	1
(B,E)	BE	1
(B,F)	BCF, BEF	2
(B,G)	BG	1
(B,H)	BCH, BGH	2
(C,D)	CD	1
(C,E)	CE	1
(C,F)	CF	1
(C,G)	CG	1
(C,H)	CH	1
(D,E)	DAE, DBE, DCE, DGE	2
(D,F)	DAF, DCF	2
(D,G)	DG	1
(D,H)	DAH, DCH, DGH	2
(E,F)	EF	1
(E,G)	EBG, ECG, EFG	2
(E,H)	EAH, ECH	2
(F,G)	FG	1
(F,H)	FAH, FCH, FGH	2
(G,H)	GH	1

On reproduit dans le tableau suivant la distance géodésique entre l'individu représenté en ligne et l'individu représenté en colonne :

	A	B	C	D	E	F	G	H	total
A	0	2	2	1	1	1	2	1	10
B	2	0	1	1	1	2	1	2	10
C	2	1	0	1	1	1	1	1	8
D	1	1	1	0	2	2	1	2	10
E	1	1	1	2	0	1	2	2	10
F	1	2	1	2	1	0	1	2	10
G	2	1	1	1	2	1	0	1	9
H	1	2	1	2	2	2	1	0	11

Le pôle C est le plus central dans la mesure où la somme des distances qui le relie aux autres pôles est minimum.

On peut calculer ensuite la centralité d'intermédierité de chaque département en suivant la démarche proposée dans la section 2.3.1.3/ du chapitre 3.

pôle	situations d'intermédierité	nombre total de géodésiques entre les deux pôles concernés	proportion
A	entre D et E	4	0,25
	entre D et F	2	0,5
	entre D et H	3	0,333333
	entre E et H	2	0,5
	entre F et H	3	0,333333
			1,916667

B	entre D et E	4	0,25
	entre E et G	3	0,333333
			0,583333

C	entre B et F	2	0,5
	entre B et H	2	0,5
	entre D et E	4	0,25
	entre D et F	2	0,5
	entre D et H	3	0,333333
	entre E et G	3	0,333333
	entre E et H	2	0,5
	entre F et H	3	0,333333
			3,25

D	entre A et B	2	0,5
	entre A et C	4	0,25
	entre A et G	3	0,333333
			1,083333

E	entre A et B	2	0,5
	entre A et C	4	0,25
	entre B et F	2	0,5
			1,25

F	entre A et C	4	0,25
	entre A et G	3	0,333333
	entre E et G	3	0,333333
			0,916667

G	entre B et H	2	0,5
	entre D et E	4	0,25
	entre D et H	3	0,333333
	entre F et H	3	0,333333
			1,416667

H	entre A et C	4	0,25
	entre A et G	3	0,333333
			0,583333

Sous forme synthétique, on obtient le classement suivant :

pôle	centralité d'intermédiation
C	3,25
A	1,91
G	1,41
E	1,25
D	1,08
F	0,91
B	0,58
H	0,58

Le pôle C est donc aussi central selon ce critère.

12/ Indicateurs structuraux

Déterminant minimum	0,039
Déterminant maximum	1
Déterminant	0,313
Taux d'autarcie (a)	0,699
Taux d'interdépendance (i)	0,016
Taux de dépendance (t)	0,285
Taux de diffusion directe (d)	0,285
Ratio i/t (1)	0,057
Ratio i/t (2)	0,057
Ratio (i/t)*d	0,016

Annexe 12

Analyse de la structure au niveau local : les flux intra-département

12.1/ Département A	p. 429
12.2/ Département B.....	p. 432
12.3/ Département C.....	p. 434
12.4/ Département D	p. 437
12.5/ Département E.....	p. 440
12.6/ Département F	p. 442
12.7/ Département G	p. 445
12.8/ Département H	p. 448

12.1/ Département A

1/ Tableau des flux d'échange

	1	15	29	35	45	48
1						1
15						
29						
35						
45						1
48						

TI	EXT	MEM	TS
1	2	10	13
1	1	1	3
2	4	16	22
4	8	10	22
1	2	2	5
1	0	11	12

TI	0	0	0	0	0	2
EXT	13	3	22	22	5	10
CRE	0	0	0	0	0	0
TE	13	3	22	22	5	12

2/ Matrice [A] des coefficients de débouchés

0	0	0	0	0	0,077
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,2
0	0	0	0	0	0

3/ Matrice [I – A]

1	0	0	0	0	-0,08
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	-0,2
0	0	0	0	0	1

4/ Matrice [I – A]⁻¹

1	0	0	0	0	0,077
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0,2
0	0	0	0	0	1

5/ Matrice $[\Theta]$ des coefficients techniques

0	0	0	0	0	0,083
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,083
0	0	0	0	0	0

6/ Matrice $[I - \Theta]$

1	0	0	0	0	-0,08
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	-0,08
0	0	0	0	0	1

7/ Matrice $[I - \Theta]^{-1}$

1	0	0	0	0	0,083
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0,083
0	0	0	0	0	1

8/ Coefficients d'entrée

1	15	29	35	45	48
1	1	1	1	1	0,833

9/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

1	0	0	0	0	0,083
0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	0,083
0	0	0	0	0	0,833

10/ Ordres de multiplication

GIA		GIR	
45	1,2	1	1,083
1	1,077	45	1,083
15	1	15	1
29	1	29	1
35	1	35	1
48	1	48	0,833

11/ Indicateurs structuraux

Déterminant minimum	0,833
Déterminant maximum	1
Déterminant	1
Taux d'autarcie (a)	0
Taux d'interdépendance (i)	0
Taux de dépendance (t)	1
Taux de diffusion directe (d)	1
Ratio i/t (1)	0
Ratio i/t (2)	0
Ratio (i/t)*d	

12.2/ Département B

1/ Tableau des flux d'échange

	2	41
2	1	
41	1	1

TI	EXT	MEM	TS
1	25	10	36
2	15	0	17

TI	2	1
EXT	34	16
CRE	0	0
TE	36	17

2/ Matrice [A] des coefficients de débouchés

$$\begin{pmatrix} 0,028 & 0 \\ 0,059 & 0,059 \end{pmatrix}$$

3/ Matrice [I - A]

$$\begin{pmatrix} 0,972 & 0 \\ -0,06 & 0,941 \end{pmatrix}$$

4/ Matrice [I - A]⁻¹

$$\begin{pmatrix} 1,029 & 0 \\ 0,064 & 1,063 \end{pmatrix}$$

5/ Matrice [Θ] des coefficients techniques

$$\begin{pmatrix} 0,028 & 0 \\ 0,028 & 0,059 \end{pmatrix}$$

6/ Matrice [I - Θ]

$$\begin{pmatrix} 0,972 & 0 \\ -0,03 & 0,941 \end{pmatrix}$$

7/ Matrice [I - Θ]⁻¹

$$\begin{pmatrix} 1,029 & 0 \\ 0,03 & 1,063 \end{pmatrix}$$

8/ Coefficients d'entrée

2	41
0,944	0,941

9/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

0,971	0
0,029	1

10/ Ordres de multiplication

GIA		GIR	
41	1,127	41	1,028
2	1,029	2	0,971

11/ Indicateurs structuraux

Déterminant minimum	0,889
Déterminant maximum	0,997
Déterminant	0,915
Taux d'autarcie (a)	0,765
Taux d'interdépendance (i)	0
Taux de dépendance (t)	0,235
Taux de diffusion directe (d)	0,242
Ratio i/t (1)	0
Ratio i/t (2)	0
Ratio (i/t)*d	0

12.3/ Département C

1/ Tableau des flux d'échange

	3	10	16	20	21	28	30	31	33	34
3	3			1	1	1	1	1	1	1
10					1		1			
16			2			6		1		
20						1				
21										
28	1		1							
30						1	1			
31										
33										
34										

TI	EXT	MEM	TS
10	7	0	17
2	8	1	11
9	54	0	63
1	14	17	32
0	7	8	15
2	13	15	30
2	6	1	9
0	25	20	45
0	1	3	4
0	6	12	18

TI	4	0	3	1	2	9	3	2	1	1
EXT	9	11	23	31	13	21	6	43	3	17
CRE	4	0	37	0	0	0	0	0	0	0
TE	17	11	63	32	15	30	9	45	4	18

2/ Matrice [A] des coefficients de débouchés

0,176	0	0	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059
0	0	0	0	0,091	0	0,091	0	0	0	0
0	0	0,032	0	0	0,095	0	0,016	0	0	0
0	0	0	0	0	0,031	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,033	0	0,033	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,111	0,111	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

3/ Matrice [I – A]

0,824	0	0	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06	-0,06
0	1	0	0	-0,09	0	-0,09	0	0	0	0
0	0	0,968	0	0	-0,1	0	-0,02	0	0	0
0	0	0	1	0	-0,03	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
-0,03	0	-0,03	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-0,11	0,889	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

4/ Matrice $[I - A]^{-1}$

1,218	0	0,003	0,072	0,072	0,083	0,081	0,072	0,072	0,072
5E-04	1	4E-04	3E-05	0,091	0,011	0,102	3E-05	3E-05	3E-05
0,004	0	1,036	2E-04	2E-04	0,099	3E-04	0,017	2E-04	2E-04
0,001	0	0,001	1	7E-05	0,031	8E-05	9E-05	7E-05	7E-05
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0,041	0	0,035	0,002	0,002	1,006	0,003	0,003	0,002	0,002
0,005	0	0,004	3E-04	3E-04	0,126	1,125	4E-04	3E-04	3E-04
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

5/ Matrice $[\Theta]$ des coefficients techniques

0,176	0	0	0,031	0,067	0,033	0,111	0,022	0,25	0,056
0	0	0	0	0,067	0	0,111	0	0	0
0	0	0,032	0	0	0,2	0	0,022	0	0
0	0	0	0	0	0,033	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,059	0	0,016	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,033	0,111	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6/ Matrice $[I - \Theta]$

0,824	0	0	-0,03	-0,07	-0,03	-0,11	-0,02	-0,25	-0,06
0	1	0	0	-0,07	0	-0,11	0	0	0
0	0	0,968	0	0	-0,2	0	-0,02	0	0
0	0	0	1	0	-0,03	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
-0,06	0	-0,02	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-0,03	0,889	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

7/ Matrice $[I - \Theta]^{-1}$

1,218	0	8E-04	0,038	0,081	0,047	0,152	0,027	0,304	0,068
3E-04	1	7E-05	9E-06	0,067	0,004	0,125	8E-06	7E-05	2E-05
0,015	0	1,036	5E-04	1E-03	0,208	0,002	0,023	0,004	8E-04
0,002	0	5E-04	1	2E-04	0,034	3E-04	7E-05	6E-04	1E-04
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0,072	0	0,016	0,002	0,005	1,006	0,009	0,002	0,018	0,004
0,003	0	6E-04	8E-05	2E-04	0,038	1,125	7E-05	7E-04	1E-04
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

8/ Coefficients d'entrée

3	10	16	20	21	28	30	31	33	34
0,765	1	0,952	0,969	0,867	0,7	0,667	0,956	0,75	0,944

9/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

0,931	0	6E-04	0,029	0,062	0,036	0,116	0,021	0,233	0,052
3E-04	1	7E-05	9E-06	0,067	0,004	0,125	8E-06	7E-05	2E-05
0,014	0	0,987	4E-04	9E-04	0,198	0,002	0,022	0,004	8E-04
0,002	0	5E-04	0,969	2E-04	0,032	3E-04	6E-05	6E-04	1E-04
0	0	0	0	0,867	0	0	0	0	0
0,05	0	0,012	0,002	0,003	0,704	0,006	0,001	0,013	0,003
0,002	0	4E-04	6E-05	1E-04	0,025	0,75	5E-05	4E-04	1E-04
0	0	0	0	0	0	0	0,956	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0,75	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,944

10/ Ordres de multiplication

GIA		GIR	
3	1,742	3	1,481
30	1,262	16	1,229
10	1,206	10	1,196
16	1,157	20	1,005
28	1,097	31	0,956
20	1,034	34	0,944
21	1	21	0,867
31	1	28	0,794
33	1	30	0,778
34	1	33	0,75

11/ Indicateurs structuraux

Déterminant minimum	0,193
Déterminant maximum	1
Déterminant	0,705
Taux d'autarcie (a)	0,361
Taux d'interdépendance (i)	0,005
Taux de dépendance (t)	0,634
Taux de diffusion directe (d)	0,634
Ratio i/t (1)	0,008
Ratio i/t (2)	0,008
Ratio (i/t)*d	0,005

12.4/ Département D

1/ Tableau des flux d'échange

	4	8	9	11	27	49
4					1	
8			1	1		
9		2	1	3		
11		1	5		1	2
27						
49				1		2

TI	EXT	MEM	TS
1	5	1	7
2	6	11	19
6	2	4	12
9	23	0	32
0	9	9	18
3	22	0	25

TI	0	3	7	5	2	4
EXT	7	16	5	19	16	13
CRE	0	0	0	8	0	8
TE	7	19	12	32	18	25

2/ Matrice [A] des coefficients de débouchés

0	0	0	0	0,143	0
0	0	0,053	0,053	0	0
0	0,167	0,083	0,25	0	0
0	0,031	0,156	0	0,031	0,063
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,04	0	0,08

3/ Matrice [I – A]

1	0	0	0	-0,14	0
0	1	-0,05	-0,05	0	0
0	-0,17	0,917	-0,25	0	0
0	-0,03	-0,16	1	-0,03	-0,06
0	0	0	0	1	0
0	0	0	-0,04	0	0,92

4/ Matrice [I – A]⁻¹

1	0	0	0	0,143	0
0	1,014	0,07	0,071	0,002	0,005
0	0,202	1,154	0,3	0,009	0,02
0	0,063	0,183	1,052	0,033	0,071
0	0	0	0	1	0
0	0,003	0,008	0,046	0,001	1,09

5/ Matrice $[\Theta]$ des coefficients techniques

0	0	0	0	0,056	0
0	0	0,083	0,031	0	0
0	0,105	0,083	0,094	0	0
0	0,053	0,417	0	0,056	0,08
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0,031	0	0,08

6/ Matrice $[I - \Theta]$

1	0	0	0	-0,06	0
0	1	-0,08	-0,03	0	0
0	-0,11	0,917	-0,09	0	0
0	-0,05	-0,42	1	-0,06	-0,08
0	0	0	0	1	0
0	0	0	-0,03	0	0,92

7/ Matrice $[I - \Theta]^{-1}$

1	0	0	0	0,056	0
0	1,014	0,111	0,042	0,002	0,004
0	0,127	1,154	0,112	0,006	0,01
0	0,107	0,488	1,052	0,058	0,091
0	0	0	0	1	0
0	0,004	0,017	0,036	0,002	1,09

8/ Coefficients d'entrée

4	8	9	11	27	49
1	0,842	0,417	0,844	0,889	0,84

9/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

1	0	0	0	0,056	0
0	0,854	0,094	0,036	0,002	0,003
0	0,053	0,481	0,047	0,003	0,004
0	0,09	0,412	0,888	0,049	0,077
0	0	0	0	0,889	0
0	0,003	0,014	0,03	0,002	0,916

10/ Ordres de multiplication

GIA		GIR	
9	1,685	11	1,516
11	1,403	4	1,056
8	1,162	8	0,988
49	1,148	49	0,964
4	1,143	27	0,889
27	1	9	0,587

11/ Indicateurs structuraux

Déterminant minimum	0,221
Déterminant maximum	1
Déterminant	0,794
Taux d'autarcie (a)	0,201
Taux d'interdépendance (i)	0,063
Taux de dépendance (t)	0,736
Taux de diffusion directe (d)	0,736
Ratio i/t (1)	0,086
Ratio i/t (2)	0,086
Ratio (i/t)*d	0,063

12.5/ Département E

1/ Tableau des flux d'échange

	5	14	37	46
5			1	
14	1			
37	1			2
46	2		1	

TI	EXT	MEM	TS
1	12	16	29
1	44	0	45
3	9	0	12
3	13	1	17

TI	4	0	2	2
EXT	25	34	9	15
CRE	0	11	1	0
TE	29	45	12	17

2/ Matrice [A] des coefficients de débouchés

0	0	0,034	0
0,022	0	0	0
0,083	0	0	0,167
0,118	0	0,059	0

3/ Matrice [I – A]

1	0	-0,03	0
-0,02	1	0	0
-0,08	0	1	-0,17
-0,12	0	-0,06	1

4/ Matrice [I – A]⁻¹

1,004	0	0,035	0,006
		8E-	1E-
0,022	1	04	04
0,104	0	1,014	0,169
0,124	0	0,064	1,011

5/ Matrice [Θ] des coefficients techniques

0	0	0,083	0
0,034	0	0	0
0,034	0	0	0,118
0,069	0	0,083	0

6/ Matrice [I – Θ]

1	0	-0,08	0
-0,03	1	0	0
-0,03	0	1	-0,12
-0,07	0	-0,08	1

7/ Matrice $[I - \Theta]^{-1}$

1,004 0 0,084 0,01
 0,035 1 0,003 3E-04
 0,043 0 1,014 0,119
 0,073 0 0,09 1,011

8/ Coefficients d'entrée

5	14	37	46
0,862	1	0,833	0,882

9/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

0,865 0 0,073 0,009
 0,035 1 0,003 3E-04
 0,036 0 0,845 0,099
 0,064 0 0,08 0,892

10/ Ordres de multiplication

GIA		GIR	
37	1,287	14	1,038
46	1,199	46	1,036
5	1,044	37	0,98
14	1,023	5	0,947

11/ Indicateurs structuraux

Déterminant minimum 0,634
 Déterminant maximum 1
 Déterminant 0,987

 Taux d'autarcie (a) 0
 Taux d'interdépendance (i) 0,036
 Taux de dépendance (t) 0,964

 Taux de diffusion directe (d) 0,964

 Ratio i/t (1) 0,038
 Ratio i/t (2) 0,038
 Ratio (i/t)*d 0,036

12.6/ Département F

1/ Tableau des flux d'échange

	6	12	13	18	24	32
6					1	1
12	1		2		7	1
13		1				
18						
24	1	1	1	1		1
32		1				2

TI	EXT	MEM	TS
2	48	11	61
11	7	0	18
1	6	3	10
0	1	4	5
5	11	5	21
3	4	6	13

TI	2	3	3	1	8	5
EXT	59	15	7	4	13	8
CRE	0	0	0	0	0	0
TE	61	18	10	5	21	13

2/ Matrice [A] des coefficients de débouchés

0	0	0	0	0,016	0,016
0,056	0	0,111	0	0,389	0,056
0	0,1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0,048	0,048	0,048	0,048	0	0,048
0	0,077	0	0	0	0,154

3/ Matrice [I – A]

1	0	0	0	-0,02	-0,02
-0,06	1	-0,11	0	-0,39	-0,06
0	-0,1	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	1	-0,05
0	-0,08	0	0	0	0,846

4/ Matrice [I – A]⁻¹

1,001	0,003	0,001	8E-04	0,017	0,021
0,077	1,04	0,135	0,019	0,406	0,093
0,008	0,104	1,013	0,002	0,041	0,009
0	0	0	1	0	0
0,052	0,059	0,055	0,049	1,024	0,063
0,007	0,095	0,012	0,002	0,037	1,19

5/ Matrice $[\Theta]$ des coefficients techniques

0	0	0	0	0,048	0,077
0,016	0	0,2	0	0,333	0,077
0	0,056	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0
0,016	0,056	0,1	0,2	0	0,077
0	0,056	0	0	0	0,154

6/ Matrice $[I - \Theta]$

1	0	0	0	-0,05	-0,08
-0,02	1	-0,2	0	-0,33	-0,08
0	-0,06	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0
-0,02	-0,06	-0,1	-0,2	1	-0,08
0	-0,06	0	0	0	0,846

7/ Matrice $[I - \Theta]^{-1}$

1,001	0,009	0,007	0,01	0,051	0,096
0,023	1,04	0,243	0,07	0,348	0,128
0,001	0,058	1,013	0,004	0,019	0,007
0	0	0	1	0	0
0,018	0,069	0,116	0,205	1,024	0,101
0,001	0,068	0,016	0,005	0,023	1,19

8/ Coefficients d'entrée

6	12	13	18	24	32
0,967	0,833	0,7	0,8	0,619	0,615

9/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

0,968	0,008	0,007	0,01	0,049	0,093
0,019	0,867	0,202	0,058	0,29	0,107
9E-04	0,04	0,709	0,003	0,014	0,005
0	0	0	0,8	0	0
0,011	0,043	0,072	0,127	0,634	0,063
9E-04	0,042	0,01	0,003	0,014	0,732

10/ Ordres de multiplication

GIA		GIR	
12	1,769	12	1,542
32	1,343	6	1,135
24	1,302	24	0,949
13	1,177	32	0,802
6	1,043	18	0,8
18	1	13	0,772

11/ Indicateurs structuraux

Déterminant minimum	0,172
Déterminant maximum	1
Déterminant	0,813
Taux d'autarcie (a)	0,186
Taux d'interdépendance (i)	0,04
Taux de dépendance (t)	0,774
Taux de diffusion directe (d)	0,774
Ratio i/t (1)	0,052
Ratio i/t (2)	0,052
Ratio (i/t)*d	0,04

12.7/ Département G

1/ Tableau des flux d'échange

	7	17	23	36	38	43
7		2	1	2	1	1
17	6		1	4	1	3
23						
36	2	1		8		
38	1	1	1	1	1	1
43				1		

TI	EXT	MEM	TS
7	27	0	34
15	23	0	38
0	2	5	7
11	18	35	64
6	8	0	14
1	46	0	47

TI	9	4	3	16	3	5
EXT	23	23	4	48	4	33
CRE	2	11	0	0	7	9
TE	34	38	7	64	14	47

2/ Matrice [A] des coefficients de débouchés

0	0,059	0,029	0,059	0,029	0,029
0,158	0	0,026	0,105	0,026	0,079
0	0	0	0	0	0
0,031	0,016	0	0,125	0	0
0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
0	0	0	0,021	0	0

3/ Matrice [I – A]

1	-0,06	-0,03	-0,06	-0,03	-0,03
-0,16	1	-0,03	-0,11	-0,03	-0,08
0	0	1	0	0	0
-0,03	-0,02	0	0,875	0	0
-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	0,929	-0,07
0	0	0	-0,02	0	1

4/ Matrice [I – A]⁻¹

1,015	0,063	0,034	0,08	0,034	0,037
0,167	1,014	0,034	0,138	0,034	0,087
0	0	1	0	0	0
0,039	0,02	0,002	1,148	0,002	0,003
0,094	0,085	0,082	0,107	1,082	0,087
8E-04	4E-04	4E-05	0,024	4E-05	1

5/ Matrice $[\Theta]$ des coefficients techniques

0	0,053	0,143	0,031	0,071	0,021
0,176	0	0,143	0,063	0,071	0,064
0	0	0	0	0	0
0,059	0,026	0	0,125	0	0
0,029	0,026	0,143	0,016	0,071	0,021
0	0	0	0,016	0	0

6/ Matrice $[I - \Theta]$

1	-0,05	-0,14	-0,03	-0,07	-0,02
-0,18	1	-0,14	-0,06	-0,07	-0,06
0	0	1	0	0	0
-0,06	-0,03	0	0,875	0	0
-0,03	-0,03	-0,14	-0,02	0,929	-0,02
0	0	0	-0,02	0	1

7/ Matrice $[I - \Theta]^{-1}$

1,015	0,057	0,165	0,042	0,082	0,027
0,187	1,014	0,185	0,082	0,092	0,071
0	0	1	0	0	0
0,074	0,034	0,017	1,148	0,008	0,004
0,039	0,031	0,165	0,023	1,082	0,026
0,001	5E-04	3E-04	0,018	1E-04	1

8/ Coefficients d'entrée

7	17	23	36	38	43
0,735	0,895	0,571	0,75	0,786	0,894

9/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

0,746	0,042	0,121	0,031	0,061	0,02
0,167	0,908	0,165	0,073	0,083	0,063
0	0	0,571	0	0	0
0,055	0,026	0,012	0,861	0,006	0,003
0,03	0,024	0,129	0,018	0,85	0,02
0,001	5E-04	2E-04	0,016	1E-04	0,894

10/ Ordres de multiplication

GIA		GIR	
38	1,537	17	1,459
17	1,475	38	1,073
7	1,263	7	1,021
36	1,214	36	0,964
43	1,026	43	0,912
23	1	23	0,571

11/ Indicateurs structuraux

Déterminant minimum	0,198
Déterminant maximum	1
Déterminant	0,797
Taux d'autarcie (a)	0,234
Taux d'interdépendance (i)	0,019
Taux de dépendance (t)	0,747
Taux de diffusion directe (d)	0,747
Ratio i/t (1)	0,025
Ratio i/t (2)	0,025
Ratio (i/t)*d	0,019

12.8/ Département H

1/ Tableau des flux d'échange

	19	22	25	26	39	40	42	44	47
19						1			
22		1		1				2	
25			1	1	1				
26	1	1	1		1	1	1	1	1
39			3						
40						5			
42				1					
44		1		1				1	
47				2					

TI	EXT	MEM	TS
1	13	7	21
4	2	1	7
3	14	0	17
8	6	0	14
3	25	27	55
5	0	6	11
1	5	4	10
3	6	0	9
2	4	0	6

TI	1	3	5	6	2	7	1	4	1
EXT	20	4	11	7	53	4	9	3	4
CRE	0	0	1	1	0	0	0	2	1
TE	21	7	17	14	55	11	10	9	6

2/ Matrice [A] des coefficients de débouchés

0	0	0	0	0	0,048	0	0	0
0	0,143	0	0,143	0	0	0	0,286	0
0	0	0,059	0,059	0,059	0	0	0	0
0,071	0,071	0,071	0	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
0	0	0,055	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,455	0	0	0
0	0	0	0,1	0	0	0	0	0
0	0,111	0	0,111	0	0	0	0,111	0
0	0	0	0,333	0	0	0	0	0

3/ Matrice [I – A]

1	0	0	0	0	-0,05	0	0	0
0	0,857	0	-0,14	0	0	0	-0,29	0
0	0	0,941	-0,06	-0,06	0	0	0	0
-0,07	-0,07	-0,07	1	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07	-0,07
0	0	-0,05	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,545	0	0	0
0	0	0	-0,1	0	0	1	0	0
0	-0,11	0	-0,11	0	0	0	0,889	0
0	0	0	-0,33	0	0	0	0	1

4/ Matrice $[I - A]^{-1}$

1	0	0	0	0	0,087	0	0	0
0,017	1,24	0,019	0,232	0,018	0,032	0,017	0,417	0,017
0,005	0,007	1,072	0,067	0,068	0,009	0,005	0,007	0,005
0,076	0,104	0,086	1,066	0,081	0,146	0,076	0,119	0,076
3E-04	4E-04	0,058	0,004	1,004	5E-04	3E-04	4E-04	3E-04
0	0	0	0	0	1,833	0	0	0
0,008	0,01	0,009	0,107	0,008	0,015	1,008	0,012	0,008
0,012	0,168	0,013	0,162	0,012	0,022	0,012	1,192	0,012
0,025	0,035	0,029	0,355	0,027	0,049	0,025	0,04	1,025

5/ Matrice $[\Theta]$ des coefficients techniques

0	0	0	0	0	0,091	0	0	0
0	0,143	0	0,071	0	0	0	0,222	0
0	0	0,059	0,071	0,018	0	0	0	0
0,048	0,143	0,059	0	0,018	0,091	0,1	0,111	0,167
0	0	0,176	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,455	0	0	0
0	0	0	0,071	0	0	0	0	0
0	0,143	0	0,071	0	0	0	0,111	0
0	0	0	0,143	0	0	0	0	0

6/ Matrice $[I - \Theta]$

1	0	0	0	0	-0,09	0	0	0
0	0,857	0	-0,07	0	0	0	-0,22	0
0	0	0,941	-0,07	-0,02	0	0	0	0
-0,05	-0,14	-0,06	1	-0,02	-0,09	-0,1	-0,11	-0,17
0	0	-0,18	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0,545	0	0	0
0	0	0	-0,07	0	0	1	0	0
0	-0,14	0	-0,07	0	0	0	0,889	0
0	0	0	-0,14	0	0	0	0	1

7/ Matrice $[I - \Theta]^{-1}$

1	0	0	0	0	0,167	0	0	0
0,006	1,24	0,008	0,116	0,002	0,02	0,012	0,325	0,019
0,004	0,016	1,072	0,081	0,021	0,014	0,008	0,014	0,014
0,051	0,209	0,071	1,066	0,021	0,186	0,107	0,185	0,178
7E-04	0,003	0,189	0,014	1,004	0,003	0,001	0,002	0,002
0	0	0	0	0	1,833	0	0	0
0,004	0,015	0,005	0,076	0,001	0,013	1,008	0,013	0,013
0,005	0,216	0,007	0,104	0,002	0,018	0,01	1,192	0,017
0,007	0,03	0,01	0,152	0,003	0,027	0,015	0,026	1,025

8/ Coefficients d'entrée

19	22	25	26	39	40	42	44	47
0,952	0,571	0,706	0,571	0,964	0,364	0,9	0,556	0,833

9/ Matrice $D[I - \Theta]^{-1}$

0,952	0	0	0	0	0,159	0	0	0
0,003	0,709	0,004	0,066	0,001	0,012	0,007	0,185	0,011
0,003	0,011	0,756	0,057	0,015	0,01	0,006	0,01	0,01
0,029	0,119	0,04	0,609	0,012	0,106	0,061	0,106	0,102
7E-04	0,003	0,182	0,014	0,967	0,002	0,001	0,002	0,002
0	0	0	0	0	0,667	0	0	0
0,003	0,013	0,005	0,069	0,001	0,012	0,907	0,012	0,011
0,003	0,12	0,004	0,058	0,001	0,01	0,006	0,662	0,01
0,006	0,025	0,008	0,127	0,002	0,022	0,013	0,022	0,854

10/ Ordres de multiplication

GIA		GIR	
22	2,007	26	1,184
40	1,833	39	1,175
26	1,831	19	1,111
47	1,61	47	1,08
44	1,605	42	1,033
25	1,244	22	0,998
42	1,183	25	0,878
19	1,087	44	0,874
39	1,068	40	0,667

11/ Indicateurs structuraux

Déterminant minimum	0,032
Déterminant maximum	1
Déterminant	0,35
Taux d'autarcie (a)	0,629
Taux d'interdépendance (i)	0,042
Taux de dépendance (t)	0,329
Taux de diffusion directe (d)	0,329
Ratio i/t (1)	0,128
Ratio i/t (2)	0,128
Ratio (i/t)*d	0,042

Annexe 13

Synthèse des indicateurs

		configuration					pôle dominant		
	Δ	(a)	(i)	(t)	i/t	(i/t)*d	GIA	GIR	Centralité
Structure globale									
pôles = individus	0,096	0,853	0,051	0,096	0,537	0,051	44	16	17
pôles = départements	0,313	0,699	0,016	0,285	0,057	0,016	B	C	C
Départements									
A	1	0	0	1	0	0	45	Aucun	aucun
B	0,915	0,765	0	0,235	0	0	aucun	aucun	aucun
C	0,705	0,361	0,005	0,634	0,008	0,005	3	3	3
D	0,794	0,201	0,063	0,736	0,086	0,063	9	11	11
E	0,987	0	0,036	0,964	0,038	0,036	37	aucun	aucun
F	0,813	0,186	0,04	0,774	0,052	0,04	12	12	24
G	0,797	0,234	0,019	0,747	0,025	0,019	38	17	38
H	0,35	0,629	0,042	0,329	0,128	0,042	22	aucun	26

Nous rappelons que, hormis dans le cas où les pôles sont les départements, qui se prêtait plutôt bien à une analyse complète des indicateurs de centralité présentés au chapitre 3, dans les autres cas cette notion fait référence au nombre de pôles distincts vers lesquels un pôle envoie des informations, sans tenir compte de l'intensité de ces liens.